



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO  
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

LAURI PIIROINEN

TIETOMALLINNUSTEHTÄVÄT ASUNTOJEN PERUSTAJAURA-  
KOINNIN PROSESSISSA

Diplomityö

Tarkastaja: professori Kalle Kähkö-  
nen

Tarkastaja ja aihe hyväksytty

Rakennustekniikan tiedekuntaneu-  
voston kokouksessa 9. joulukuuta  
2015

## TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Rakennustekniikan koulutusohjelma

**PIIROINEN LAURI:** Tietomallinnustehtävät asuntojen perustajaurakoinnin prosessissa

Diplomityö, 63 sivua, 9 liitesivua

Helmikuu 2016

Pääaine: Rakennustuotanto

Tarkastaja: professori Kalle Kähkönen

Avainsanat: Tietomalli, BIM, suunnittelunohjaus, perustajaurakointi

Kohdeyrityksen perustajaurakoitavassa asuntotuotannossa toimitaan tietomallipohjaisesti, edelleen on kuitenkin tarvetta lisätä ohjeita ja toimenpiteitä hankeprosessin eri vaiheisiin, jotta toiminta tukee entistä paremmin tietomallipohjaista suunnittelua ja hankkeen ohjausta.

Tutkimus toteutettiin kahdessa osassa siten, että ensimmäisessä vaiheessa selvitettiin kirjallisuudesta asuntotuotantohankkeeseen liittyviä tietomallinnustehtäviä. Toisessa osassa selvitettiin kohdeyrityksen toimintaa perustajaurakoitavissa asuntotuotantohankkeissa kahden case-projektin avulla sekä haastatteleamalla suunnittelun ohjauksesta, laskennasta ja rakennustuotannosta vastaavia henkilöitä sekä hankkeiden arkkitehteja.

Tämä selvityksen perusteella tietomalliprosessista löydettiin osa-alueita, joihin tulee kiinnittää erityistä huomiota. Nämä osa-alueet ovat avoin yhteistyö ja tietomallipohjainen tiedonsiirto, tietomallihankkeen organisointi ja johtaminen, laadunvarmistus, määrälaskenta sekä tietomallinnuksen hyödyntäminen rakennustuotannossa.

Tutkimuksessa tarkasteltiin tietomallinnusta arkkitehtimallin näkökulmasta. Kun arkkitehtimallin laadunvarmistusprosessi on toteutettu laadukkaasti koko suunnittelun ajan, on tuotantovaiheen käynnistyessä saatavilla laadukas ja tietosisällöltään tuotannon tarpeita vastaava arkkitehtimalli. Keskeiset toimenpiteet arkkitehtimallin laadunvarmistukseen ovat:

1. Tietomallipohjaisten automaattisten työkalujen hyödyntäminen
2. Laadunvarmistuksen tarkastuspisteiden määrittäminen
3. Yhdistelmämallin kokoaminen laadunvarmistuspisteiden yhteydessä
4. Tarkastusraportin laadinta
5. Laadunvarmistuksen suoritus myös määrälaskennan ja rakennustuotannon näkökulmasta

## ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY  
Master's Degree Programme in Civil Engineering  
PIIROINEN LAURI: BIM tasks in housing development process  
Master of Science Thesis, 63 pages, 9 Appendix pages  
February 2016  
Major: Construction production  
Examiner: Professor Kalle Kähkönen  
Keywords:

The target company works building information model based in housing development process, however more guidelines and procedures are needed in process to better BIM-based design and project management.

This Master of Science thesis research was conducted in two phases. First, researched BIM tasks in housing process in literature, second found out the BIM tasks current situation in the target company housing process by using example projects and interviewing experts who worked in fields of project management, cost estimate, building production and architecture. In the result of this research was founded phases in housing process which are needed more guidelines and procedures.

In the result of this research in BIM-process was found areas, which should be paid more attention. Those areas are open cooperation and BIM based transmission, managing BIM projects, quality control, quantity takeoff and usage of BIM in building production.

In this thesis were researched building information models in architect's models point of view. When architects models quality control has been executed properly during throughout the designing, there will be available a model, which information content and quality matches the needs of building production. The main actions for quality control are:

1. Usage of BIM based automated clash detection tools
2. Define the quality control points
3. Combining model in quality control points
4. Write out a written report of quality control
5. Performing quality control in quantity estimation and building production point of view

## ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty työsuhteen aikana SRV Rakennus Oy:lle SRV Pirkanmaan alueyksikössä ja työtä ovat ohjanneet Suvi Sillfors, Jyrki Maalahti sekä Kaisu Arpiainen. Työ on tehty opinnäytteeksi diplomi-insinöörin tutkintoon rakennustekniikan laitokselle Tampereen teknilliseen yliopistoon ja tarkastajana on toiminut professori Kalle Kähkönen. Suuri kiitos työn ohjaajille ja tarkastajalle!

Lisäksi suuri kiitos tutkimusta varten haastatetuille henkilöille, joihin oli mielenkiintoista tutustua työn ohella. Erityismainintana Arkkitehtitoimistot Mika Päivärinne Oy sekä Vuorelma Oy, joiden henkilökunnan kanssa kävin antoisaa keskustelua asuntojen tietomallintamiseen liittyen.

Ja rakas puolisoni sekä muut ystäväni ja kollegani, jotka kohteliaasti jaksoitte kannustaa läpi hyvien ja huonojen vaiheiden: Kiitos!

Tampereella 20.2.2016

Lauri Piironen

# SISÄLLYS

Tiivistelmä.....	1
Abstract .....	2
Alkusanat.....	3
Sisäilyys .....	4
Termit ja niiden määritelmät .....	7
1 Johdanto.....	1
1.1 Tutkimuksen tausta.....	1
1.2 Rajaukset.....	1
1.3 Tavoitteet .....	1
1.4 Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen rakenne .....	1
2 Tietomallit rakennushankkeessa .....	3
2.1 Tietomallihankkeen erityispiirteet.....	3
2.2 Tietomallintamisen tavoitteet ja edut .....	5
2.2.1 Tietomallintamisen edut tilaajalle .....	6
2.2.2 Tietomallintamiset edut suunnittelijoille .....	8
2.2.3 Tietomallintamisen edut urakoitsijalle .....	10
2.3 Yleiset tietomallivaatimukset 2012.....	12
2.4 Tietomallinnuksen haasteet.....	13
3 Asuntojen perustajaurakointi arkkitehtimallin näkökulmasta .....	15
3.1 Tarveselvitys .....	19
3.2 Hankesuunnittelu.....	19
3.3 Suunnittelu .....	20
3.3.1 Tietomallihankkeen organisointi ja johtaminen .....	22
3.3.2 Suunnitteluvaiheen aikataulu .....	24

3.3.3	Tietomallien avulla tehtävä kustannuslaskenta suunnitteluvaiheessa	25
3.4	Rakentamisen valmistelu .....	25
3.4.1	Tietomallien laadunvarmistus .....	26
3.4.2	Tietomallit määrä- ja kustannuslaskennassa .....	27
3.5	Rakentaminen.....	28
3.5.1	Rakennustuotannon suunnittelu ja -ohjaus .....	28
3.5.2	Asukasmuutosten hallinta .....	29
4	Case-projektien tarkastelu arkkitehdin mallin laadun ja valmiuden näkökulmasta	30
4.1	Case-projektit .....	30
4.2	Arkkitehtimallit tarveselvitysvaiheessa .....	32
4.2.1	Tarveselvitysvaiheen arkkitehdin tietomallinnustehtävät case-projekteissa .....	33
4.3	Arkkitehtimallit hankesuunnitteluvaiheessa .....	33
4.3.1	Hankesuunnitteluvaiheen tietomallinnustehtävät case-projekteissa..	34
4.4	Arkkitehtimallit suunnitteluvaiheessa .....	35
4.4.1	Suunnitteluvaiheen tietomallinnustehtävät case-projekteissa .....	38
4.4.2	Suunnitteluvaiheen jatkoselvitysaiehet.....	40
4.5	Tietomallit rakentamisen valmisteluvaiheessa.....	41
4.5.1	Suunnitelmakatselmukset .....	42
4.5.2	Kustannuslaskentaprosessi.....	42
4.5.3	Rakentamisen valmisteluvaiheen tietomallinnustehtävät case-projekteissa .....	44
4.5.4	Rakentamisen valmisteluvaiheen jatkokehitysaiehet .....	46
4.6	Arkkitehtimalli rakentamisvaiheessa.....	48
4.6.1	Rakentamisvaiheen tietomallinnustehtävät case-projekteissa.....	49

4.6.2	Rakentamisvaiheen jatkokehityksi	50
5	Käytännöt kohdeyrityksen tietomallihankkeissa ja niiden kehittäminen	52
5.1	Arkkitehtimallin laatu ja laadunvarmistus	55
5.2	Arkkitehtimallin laadunvarmistuksen jatkokehityksi	56
6	Johtopäätökset	58
6.1	Tavoitteiden saavuttamisen arviointi	59
6.2	Päätulokset ja niiden hyödyntäminen	59
6.3	Jatkotutkimusehdotukset	60
	Lähteet	61
	LIITE 1: Diplomityön haastattelu: Kysymykset suunnitteluun ohjaukseen	64
	LIITE 2: Diplomityön haastattelu: Kysymykset laskentaan	66
	LIITE 3: Diplomityön haastattelu: Kysymykset rakennustuotantoon	67
	LIITE 4: Diplomityön haastattelu: Kysymykset arkkitehdille	68
	LIITE 5: Tietomalliprojektin esimerkkiaikataulu	70
	LIITE 6: Arkkitehtimallin tarkastuslomake	71
	LIITE 7: Mallien yleinen sisältö ja käyttötarkoitus	72

## TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

Tietomallihanke	Rakennushanke, jonka suunnittelu on toteutettu tietomallipohjaisesti.
BuildinSMART Finland	Suomalaisista kiinteistö- ja infra-ala omistajien ja palvelujen tuottajien muodostama foorumi, jonka tarkoituksena on levittää tietoa tietomallintamisesta ja tukea tietomallipohjaisten prosessien käyttöönotossa
BIM	Building information model, rakennuksen tietomalli
IFC	Industry Foundation Classes (IFC) on tietomallin kuvaamistapa, joka on tarkoitettu eri mallinnusohjelmien väliseen tiedonsiirtoon
BFC	Building Collaboration Format (BFC) on eri ohjelmistojen välillä toimiva tiedonvälitysmuoto, jonka avulla voidaan esittää kommentoitavia mallikomponentteja hyvin pienessä tiedostomuodossa, eikä koko IFC-mallin lähettämistä tarvita
Arkkitehtimalli	Arkkitehdin suunnittelun sisältävä tietomalli
Natiivimalli	Tietomalli, joka on tallennettu tietomallinnusohjelman omaksi tiedostoformaatiksi
Tietomalliobjekti	Tietomallin rakennusosa. Esimerkiksi seinä, palkki tai ovi
Suorite	Rakennusosan ja työlajin yhdistelmä. Esimerkiksi anturan betonointi
Suoritelaskenta	Määräluettelo on eriteltynä suoritteina. Suoritteet hinnoitellaan kustannuslajeittain esimerkiksi materiaali ja työ
3D-aluesuunnitelma	Tietomalli, jossa on rakennettavan kohteen lisäksi esitetty työmaatoiminnot ja niiden vaatimat järjestelyt
4D	4D = 3D + aika, eli aikaulottuvuuden linkittäminen tietomallin rakennusosiin.



# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tutkimuksen tausta

Kohdeyrityksessä strategisena tahtotilana on toimia tietomallipohjaisesti rakennushankkeissa. Asuntotuotannossa noudatetaan yhtenäistä toimintatapaa, mutta edelleen on tarvetta lisätä sekä ohjeita, että toimenpiteitä hankeprosessin eri vaiheisiin, jotta toimintatapa tukee entistä paremmin tietomallipohjaista suunnittelua ja hankkeen ohjausta. Kohdeyrityksessä on myös alueyksiköitä ja yhtenäisen toimintatavan implementointi tarvitsee tuekseen keinoja, joilla se saadaan jalkautettua kaikkiin rakennushankkeisiin.

## 1.2 Rajaukset

Tutkimuksessa tarkastellaan omaperusteisia asuntohankkeita. Pääpaino tutkimuksessa on suunnittelun käynnistämisvaiheesta rakentamisen valmisteluvaiheeseen. Tutkimusta rajataan siten, että tarkasteluissa keskitytään arkkitehdin tietomalliin. Muiden suunnitteleuosapuolien tietomalleja tarkastellaan vain rajatusti.

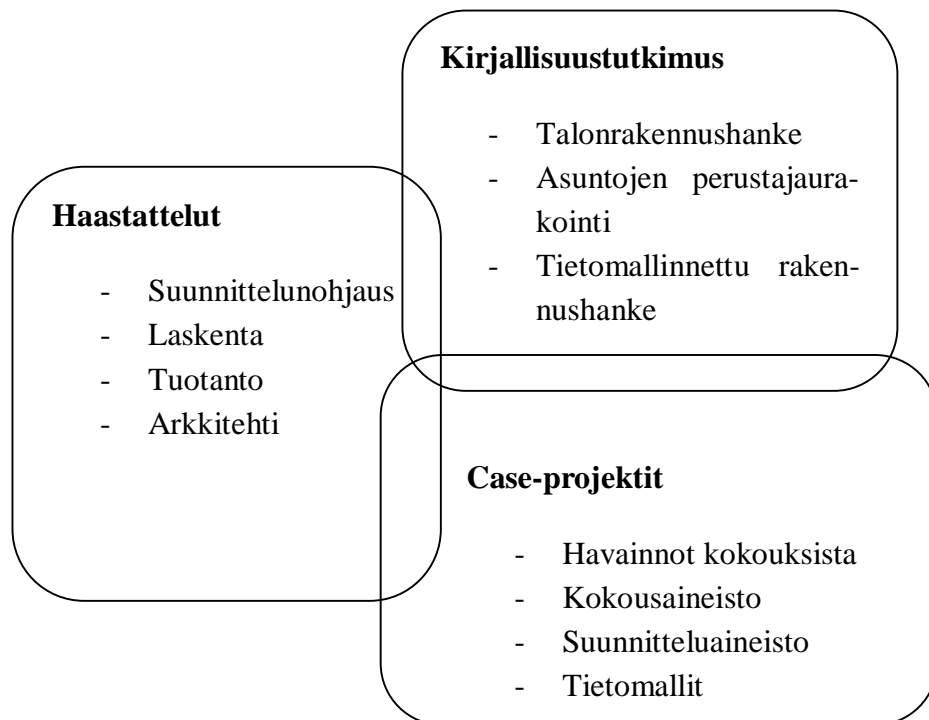
## 1.3 Tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteena on:

1. Selvittää kirjallisuudesta yleiset perusteet tietomallihankkeelle
2. Selvittää mitä tietomallinnustehtäviä asuntohankkeen eri vaiheissa on ja mihin arkkitehdin tietomallia käytetään
3. Selvittää mitä toimenpiteitä edellyttää, että arkkitehdin tietomallin sisältö on laadukas ja valmis tuotantovaiheen käynnistämiseen

## 1.4 Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen rakenne

Kohdeyrityksen tietomallien käyttöä asuntohankkeissa selvitetään tapaustutkimuksena haastatteleamalla suunnittelunohjauksesta, tuotannosta ja tietomallinnuksesta vastaavia henkilöitä. Lisäksi haastatellaan valikoituja arkkitehteja. Tutkimuksessa käydään syvemmin läpi kaksi case-projektia, joista havaintoja on tehty osallistumalla suunnittelukokoukseen, käymällä läpi kokous- ja suunnitteluaineistoa sekä laadittuja tietomalleja. Tutkimusmenetelmät ovat esitetty kuvassa 1.



**Kuva 1.** Tutkimusmenetelmien kuvaus ja niiden limittyminen

Luvuissa 2-3 esitellään kirjallisuustutkimuksena tietomallinnustehtäviä ja tietomallinnuksen käyttötapoja rakennushankkeissa yleisesti sekä asuntojen perustajaurakoinnin periaatteet. Tämä osio muodostaa tutkimukselle taustateoriaosuuden, johon myöhemmin verrataan asuntohankkeista tehtyjä löydöksiä.

Luvussa 4 käydään läpi tutkimukseen valitut kaksi case-projektia yleisesti, jonka lisäksi case-projekteja käsitellään myöhemmissä luvuissa. Luvussa 5 käsitellään haastatteluista ja case-projekteista tehdyt havainnot tietomallinnuksen näkökulmasta. Tehtyjä löydöksiä verrataan kirjallisuustutkimuksessa esitettyihin tietomallinnustehtäviin, jonka perusteella laaditaan esitykset jatkokehityksaiheista. Tutkimuksen viimeisissä luvuissa esitetään yhteenveto, johtopäätökset sekä jatkokehityksaiheet.

## 2 TIETOMALLIT RAKENNUSHANKKEESSA

Perinteiseen CAD-pohjaisesti 2D-pohjaisesti tuotettuun suunnitelmaan verrattuna tietomalli on tarkoitettu ihmisten lisäksi myös tietokoneohjelmistojen tulkittavaksi. Tietomallintaminen on kokonaisvaltainen suunnittelutapa hallita rakennushankkeen tietoja digitaalisessa muodossa (Penttilä et al 2006).

Malli, joka sisältää ainoastaan rakennuksen muotoa kuvaavaa tietoa, tai vain yksittäisiä muita tietoelementtejä, ei ole tietomalli, vaan tietomallin tulee pitää sisällään muun muassa sijainti- ja mittatietoja sekä rakennusosien muita ominaisuuksia kuvaavia tietoja. Kaikki rakennusosien sisältämä tieto on mahdollista tulkita tietokoneohjelmien avulla ja siten tietoa on mahdollista analysoida ja muokata älykkäästi (Eastman et al 2011).

Tietomallipohjaisessa suunnittelussa tietomallin sisältämää tietoa on mahdollista tallettaa ja siirtää hankkeen eri osapuolien välillä tehokkaasti. Lisäksi tietomallissa yhteen näkymään tehdyt mittamuutokset vaikuttavat aina kaikkiin muihinkin näkymiin (Penttilä et al 2006; Eastman et al 2011)

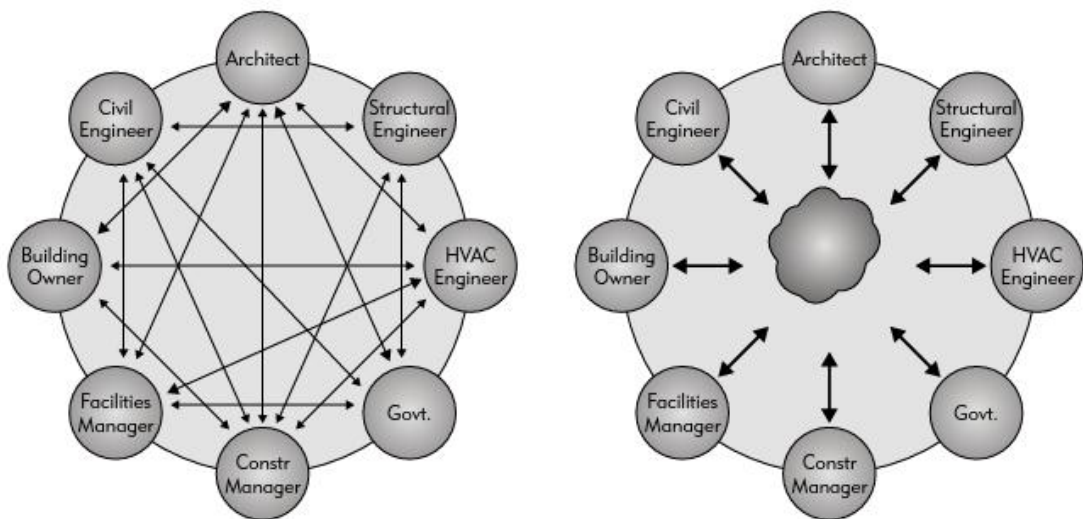
### 2.1 Tietomallihankkeen erityispiirteet

Tietomallipohjainen suunnitteluprosessi eroaa perinteisestä piirustuskeskeisestä suunnitteluprosessista siten, että suunnittelun painopiste on hankkeen alkuvaiheessa. Tällöin myös hankkeen suunnittelutavoitteet sekä tehtävämäärittelyt on sovittava varhaisessa vaiheessa. Lisäksi arkkitehdin ohella muiden alojen suunnittelijat – erityisesti rakenne-suunnittelija – on otettava mukaan varhaisemmassa vaiheessa. Tietomallipohjainen suunnittelu vie enemmän aikaa suunnittelun alkuvaiheesta, sillä tietomalliin on syötettävä huomattavasti enemmän tietoa, kuin perinteiseen piirustukseen. Kun tietomalli on saatu valmiiksi, on siitä mahdollista tuottaa tulosteita ja luetteloita nopeammin, kuin perinteisten piirustusten tuottamisella ja valmiista tietomallista on saatavilla tämän lisäksi erilaisia mallipohjaisia simulointeja, -analysointeja ja -laskelmia hankkeen omistajan päätöksenteon tueksi. (Penttilä et al 2006; RT 10-10992, 2010).

Tietomallintaminen perustuu tehokkaaseen ja joustavaan yhteistyöhön, tiedon jaon avoimuuteen ja osapuolten väliseen luottamukseen. Kuvassa 2 on esitetty tiedon jakamista perinteisesti ja tietomallintamalla toteutetuissa suunnitteluprosesseissa. Kuvassa vasemman puoleinen ympyrä kuvaa perinteisen suunnitteluprosessin tiedonjakoa, jossa kukin osapuoli on yhteydessä toisiinsa. Oikean puoleinen ympyrä kuvaa, kuinka tietomallihankkeessa projektin tietomalli ja sen sisältämä tieto on kaikkien osapuolien hyö-

dynnettävissä avoimesti ja jatkuvasti, jolloin tiedon jakaminen tehokkaampaa (Smith & Tardif 2009; AIA 2012).

Tietomallipohjaista tiedonvälitystä varten on suomalaisten BuildingSMART jäsenten, Teklan ja Solibrin yhteistyönä kehitetty BFC-tiedonvälitysmuoto (Building Collaboration Format), jolla voidaan siirtää älykkäitä viestejä tietomalliohjelmistojen välillä. Viesti sisältää sijainti- ja objektitiedot kommentoitavista mallikomponenteista, jolloin vastaanottava ohjelma löytää lähettäjän valitseman näkymän ja korostaa halutut komponentit (BuildingSMART Finland, 2015)



**Kuva 2.** Tiedon jakaminen perinteisessä suunnitteluprosessissa ja tietomalliprosessissa. Vasemmalla perinteinen suunnittelutapa ja oikealla tietomallintamalla toteutettu suunnittelu (Smith & Tardif 2009).

Perinteisessä rakennushankkeessa edeltävät suunnittelutyövaiheet saatetaan aina päätökseen ennen seuraavan aloittamista, kun vastaavasti tietomallihankkeessa työvaiheet liittyvät osittain päällekkäin (RT 10-10992, 2010).

Tietomallihankkeen onnistumisen edellytyksenä on, että hankkeen omistaja sitoutuu selkeästi tietomallintamisen käyttöön ja tuo heti hankkeen alusta tietomallintamistavoitteita voimakkaasti esille. Tällöin myös muut osapuolet sitoutuvat yhteisiin tietomallintavoitteisiin varhaisessa vaiheessa. Tietomallihankkeessa tulee jokaisen hankkeeseen liittyvän osapuolen varata riittävästi resursseja sekä aikaa tietomallin sisällön tarkastamiselle. Tällöin vähennetään houkutusta siirtyä perinteiseen toimintatapaan, joka voi josain hankkeen vaiheessa olla mallintamista nopeampaa. Tämä kuitenkin koustautuu myöhemmin suunnitelmien ristiriitaisuuksina (RT 10-10992, 2010).

## 2.2 Tietomallintamisen tavoitteet ja edut

Tietomallipohjaisen suunnittelun tavoitteena on tehostaa suunnitteluprosessia ja samalla myös laadunvarmistusta. Mallintamisen tavoitteena on lisäksi tukea kestävästä kehityksen mukaista hanke- ja elinkaari-prosessia (Penttilä et. al 2006; Eastman et. al. 2011).

Tietomallintamisesta tulee rakennushankkeen kaikille eri osapuolille hyötyjä. Osa hyödyistä koituu suoraan kaikille osapuolille, kun taas osa kohdistuu vain tietyille osapuolille tietyissä hankkeen vaiheissa. Toisaalta uudet toimintatavat voivat lisätä jonkun osapuolen työmäärää hankkeen vaiheesta riippuen. Etujen saavutukselle on edellytyksenä, että mallinnus toteutetaan riittävän tarkasti ja sovittuun tarkkuustasoon ja jokainen hankkeen osapuoli on sitoutunut mallintamiseen (Penttilä et. al 2006; Eastman et. al. 2011). Tietomallintaminen on tehokas tapa organisoida ja hallita rakennushankkeen tiedonhallinta, kunhan vain osapuolten välinen yhteistoiminta tietomalleilla on sovittu etukäteen. Taulukossa 1 on esitetty tarkemmin perinteisestä suunnitteluprosessista noudattavan hankkeen ja tietomallintamalla toteutetun hankkeen eroavaisuuksia (RT 10-10992, 2010; AIA 2012).

**Taulukko 1.** Perinteisesti toteutetun suunnitteluprosessin ja tietomallintamalla toteutetun suunnitteluprosessin eroja. Taulukko mukailtu lähteistä (RT 10-10992, 2010; AIA 2012)

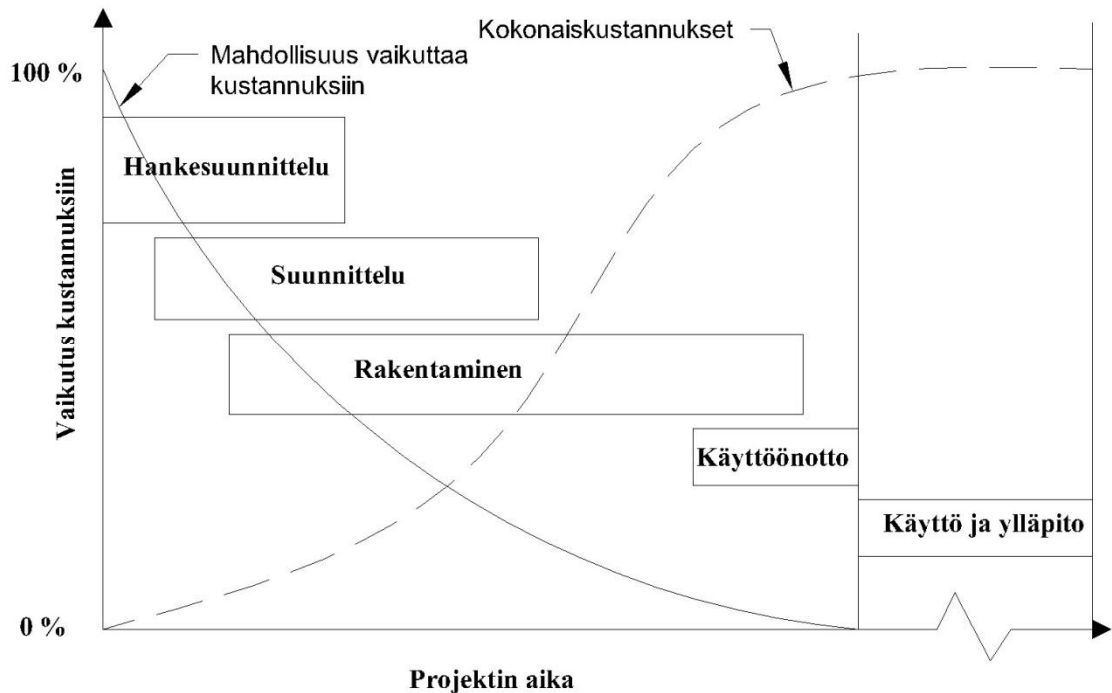
Perinteisesti toteutettu suunnittelu		Tietomallintamalla toteutettu suunnittelu
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hajautuneita</li> <li>- Tottuneet toimittamaan ainoastaan pyydettyä tietoa</li> <li>- Toiminta miniennergia-periaatteen mukaisesti</li> <li>- Vahvasti hierarkkisia</li> </ul>	<b>Tiimit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Yhtenäinen joukko projektin ydinhenkilöitä</li> <li>- Toimittaa tarvittavaa tietoa oikea-aikaisesti</li> <li>- Avoin</li> <li>- Yhteistyöhön perustuva</li> <li>- Eri osapuolten osaamisen yhdistäminen</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lineaarista (vaihe kerrallaan)</li> <li>- Tietoa hamstrataan ja se kerätään viime hetkellä</li> <li>- Tietoa jaetaan vain pyytäjälle (maksajalle) ja vain pyydettyä</li> </ul>	<b>Prosessit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Samanaikaisia ja päällekkäisiä</li> <li>- Tietoa kerätään ennakoiden seuraavia vaiheita</li> <li>- Tietoa jaetaan avoimesti kaikille sitä tarvitseville osapuolille</li> <li>- Osapuolet luottavat toisiinsa ja kunnioittavat toisiaan</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kohdistuvat yksittäisiin osapuoliin</li> </ul>	<b>Riskit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kohdistuvat kaikkiin osapuoliin</li> <li>- Jaetaan tarkoituksenmukaisesti</li> </ul>

- Yksittäiset osapuolet tavoittelevat mahdollisimman suurta hyötyä mahdollisimman pienellä työllä	<b>Hyödyt ja voitot</b>	- Osapuolten hyödyt on sidottu koko projektin onnistumiseen
- Piirustus pohjaista, analogista	<b>Kommunikointi</b>	- Tietomallipohjaista, digitaalista ja virtuaalista
- Kannustavat yksipuoliseen toimintaan ja riskien kohdentamiseen muille osapuolille	<b>Sopimukset</b>	- Kannustaa yhteistyöhön ja riskien jakamiseen

Love et. al. (2013) esittävät artikkelissaan, että 48 % Iso-Britanniassa tutkituista rakennushankkeista on kokenut aikatauluylityksiä. Massachusettsissa, Yhdysvalloissa on raportoitu lähes 50 % tie- ja siltaprojekteista ylittävät budjetin eivätkä valmistu ajallaan. Vastaavasti Australiassa alle 48 % infrastruktuuriprojekteista valmistui ajallaan ja budjetissa sekä saavutti vaaditun vaatimustason. Yksi merkittävä yhteinen tekijä kaikilla ylityksillä oli, että projekteissa koettiin huonolaatuista tiedonsyntyä ja tiedonsiirtoa. Tämä on ilmennyt virheinä, laiminlyönteinä sekä turhana ja päällekkäisinä informaationa (Love et. al 2013). Pohjimmiltaan tietomallinnus parantaa tiedon tarkkuutta, vähentää hukkaa ja mahdollistaa paremmat lähtötiedot päätöksenteolle aikaisemmin, kuin perinteiset rakennusalan toimintamallit (Love et. al. 2013).

### 2.2.1 Tietomallintamisen edut tilaajalle

Tilaajalle merkittävin etu tietomalliprosessin hyödyntämisestä tulee parantuneesta laadunvarmistuksesta. Kun tiedon kulku eri osapuolten välillä tehostuu, vähenee samalla suunnitelmapuutteesta aiheutuvien muutosten määrä työmaalla. Tätä kautta tietomallinnusta hyödyntävissä prosesseissa lyhenee projektin läpivientiaika ja kokonaiskustannukset (Eastman et. al. 2011; Smith & Tardif 2009).



**Kuva 3.** Rakennushankkeen kokonaiskustannuksien kertyminen hankkeen aikana. (Eastman et. al. 2011)

Tilajaat voivat usein kohdata projektien aikana kustannusten ylityksiä tai odottamattomia kustannuksia, jotka aiheuttavat budjetin ylityksen, laatutason muutoksen (halvempaan ja huonompaan ratkaisuun) tai pahimmillaan hankkeen peruuntumiseen. Varautukseen näihin kustannuksiin, tilajaat usein lisäävät kustannusarvioihin 5-50 % riskivarausten riippuen hankkeen vaiheesta (mitä aikaisempi vaihe, sitä suurempi riskivaraus). Näin ollen epävarmat kustannusarviot lisäävät tilaajan riskiä ja siten nostavat koko projektien kokonaiskustannuksia. Kustannusarvioihin vaikuttavat muun muassa markkina-tilanne, suunnitelmamuutokset, laatumuutokset sekä aika kustannusarvion ja toteutuksen välillä. Tietomalleista on saatavilla tarkasti laskettavia ja luotettavia määräluettelointa, mikä mahdollistaa nopeamman kustannuspalautteen suunnitelmamuutoksille jo hankkeen alkuvaiheessa. Kuvassa 3 on esitetty rakennushankkeen kustannuksien kertyminen sekä mahdollisuus vaikuttaa kustannuksien määräytymiseen. Mitä aikaisempi vaihe hankkeesta on käynnissä, sitä enemmän on mahdollisuus vaikuttaa kustannusten kertymiseen. Vastaavasti rakennustöiden ollessa jo käynnissä, ei hankkeen kokonaiskustannukseen ole juurikaan mahdollista vaikuttaa (Eastman et. al. 2011).

Kuvassa 4 on esitetty pelkistetyksi rakennushankkeen elinkaari ja elinkaarivaiheen aikaisten kustannusten suuruusluokka suhteessa toisiinsa. Hankkeen alkuvaiheessa, jossa määritetään perustiedot ja toteutetaan suunnittelu, on kustannusten suuruusluokka 10 % verrattuna hankkeen rakennusvaiheen aikaisista kustannuksista. Kun kiinteistön käyttöikä voi olla yli sata vuotta, on rakennusvaiheen aikana syntyneet kustannukset puolestaan pieni osa käytön aikaisista kustannuksista: Ylläpitokustannukset voivat olla viisin-

kertaiset ja käyttökustannukset jopa 200-kertaiset verrattuna rakennusaikaisiin kustannuksiin. Näin ollen tilaajalle suurin hyöty pienimmällä panoksella on saavutettavissa hankkeen perustietoja määriteltessä ja suunnitelmia tehdessä (Eynon 2013).



**Kuva 4.** Rakennushankkeen elinkaari (Eynon 2013)

Mitä pidempi projektin läpivienti aika on, sitä suuremmiksi projektin kustannukset nousevat. Pahimmassa tapauksessa, jos projektin läpivienti aika venyy liian pitkäksi, voi vallitseva markkinatilanne muuttua siten, että investoinnin takaisinmaksu voi heikentyä merkittävästi. Tietomallipohjaista prosessia voidaan hyödyntää myös tehokkaasti esivalmistettavien rakennusosien suunnittelussa ja tuotannossa mikä myös nopeuttaa koko projektin läpivientiaikaa (Eynon 2013; Eastman et. al. 2011).

Lisäksi tietomallin avulla rakennuksen laatutasoa voi korottaa esimerkiksi energia- ja valaistussuunnitelmien ja niiden pohjalta tehtävien analyysien avulla (Eastman et. al. 2011).

### 2.2.2 Tietomallintamiset edut suunnittelijoille

Suunnittelijoiden työpanostus siirtyy tietomallintamisen myötä enemmän hankkeen alkuvaiheeseen, kun perinteisessä suunnitteluprosessissa suurin työpanostus tapahtuu toteutuspiirustuksien tuottamiseen (Eastman et. al. 2011). Mallinnusta hyödynnettäessä piirustuksien tuottaminen tapahtuu perinteiseen suunnitteluun verrattuna eri tavalla. Rakennus mallinnetaan kokonaisvaltaisesti ja piirustukset tuotetaan tarkentamalla mallista saatavia tulosteita (RT 10-10992, 2010).

Koska tietomallinnuksen avulla dokumenttien luominen on tehokkaampaa, vähentää se myös merkittävästi projektiin sidottujen suunnittelijoiden ja heidän työtuntien määrää dokumenttien tuottamisvaiheessa. Taulukossa 1 on esitetty arkkitehdin työpanostus tyyppillisessä rakennusprojektissa ennen tietomallinnusta ja tietomallinnuksen jälkeen. Suunnittelun alkuvaiheessa suunnittelijoiden työpanostus on suurempi, kuin aikaisemmin, mutta toisaalta suunnitelmien tuottamisvaiheessa työpanostus on merkittävästi vähäisempi (Eastman et. al. 2011).

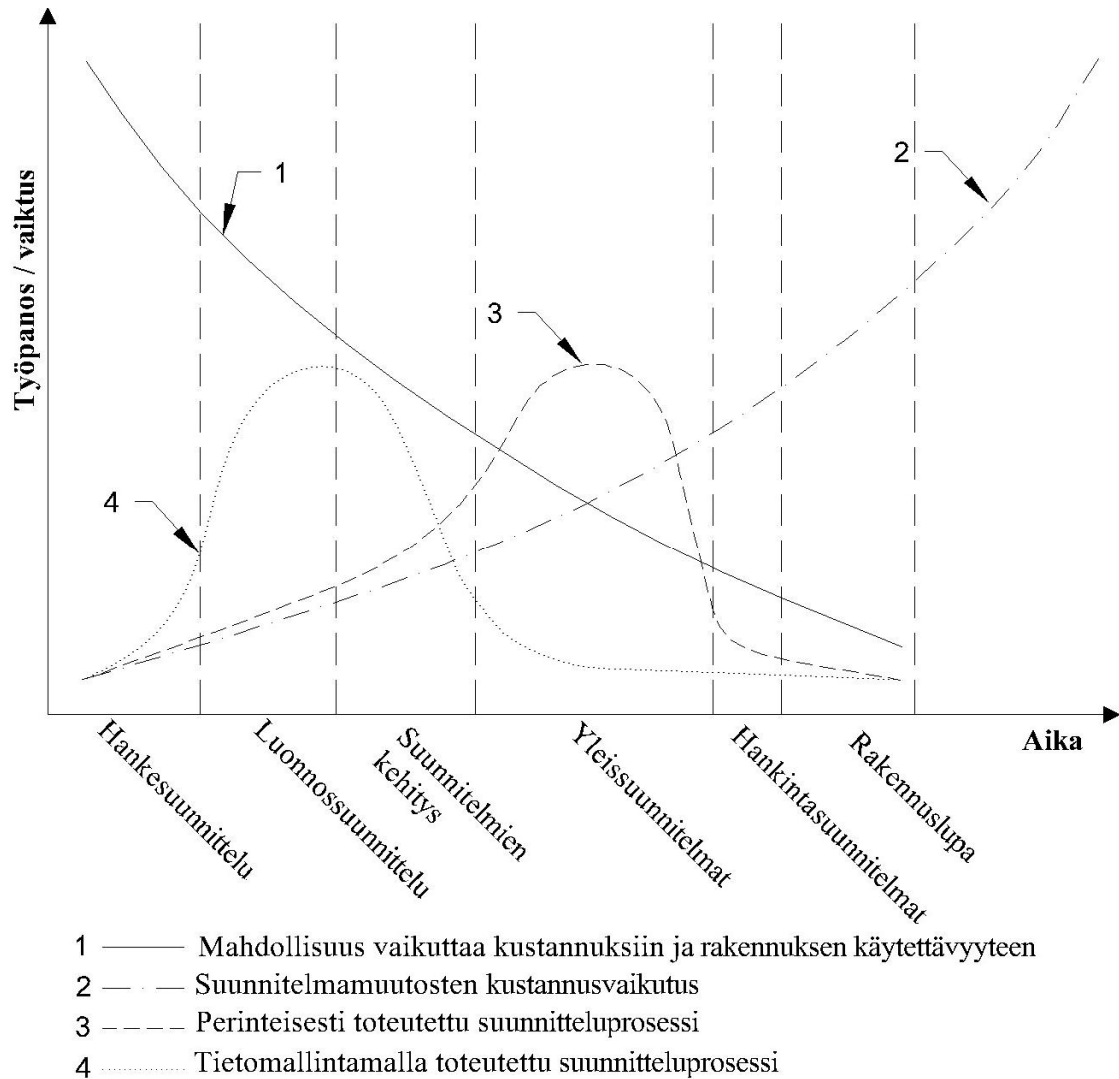


**Taulukko 2.** Arkkitehtitoimiston käytetyt työtunnit suunnittelijoiden pätevyyksittäin tyypillisessä rakennusprojektissa (Eastman et. al. 2011)

Suunnittelijan pätevyys	Ennen tietomallia	Tietomallin jälkeen	Muutos
Pääarkkitehti	32 h	32 h	0 %
Projektipäällikkö	128 h	192 h	50 %
Projektiarkkitehti	192 h	320 h	66 %
Arkkitehti 1	320 h	192 h	– 40 %
Sisustusarkkitehti	320 h	96 h	– 70 %
Yhteensä	992 h	832 h	– 16 %

Kuvassa 5 esitetään, kuinka suunnittelijan työpanostus jakautuu rakennushankkeen aikana. Viiva 3 kuvaa perinteistä suunnitteluprosessilla tehtävän suunnittelun työpanoksen jakautumista rakennushankkeen aikana. Vastaavasti viiva 4 kuvaa tietomallintamalla tehdyn suunnittelutyön jakautumista. Viiva 1 kuvaa mahdollisuutta vaikuttaa kustannuksiin hankkeen eri vaiheessa ja viiva 2 kuvaa suunnitelmamuutosten kustannusvaikutusta ajan suhteen. Kuvasta 2 voidaan päätellä, että tietomallintamalla toteutetussa suunnitteluprosessissa suunnittelijoiden panostus jakautuu voimakkaammin hankkeen alkuvaiheeseen, joka on päätöksen teon ja suunnitelmamuutosten kustannusten kannalta edullisempaa (Eastman et. al. 2011; Smith & Tardif 2009).

Tietomallinnuksessa on mahdollista käyttää erilaisia rakennusosien kirjastoja hyväkseen. Näihin kirjastoihin voi olla määriteltynä erilaisia tuoteosamalleja tai objekteja, jotka sisältävät valmiiksi tiedot niiden geometriasta ja muista ominaisuuksista. Useat materiaali- ja tuotetoimittajat ovat luoneet omista tuotteistaan valmiita tuoteosamalleja suunnittelijoiden käyttöön, jolloin suunnittelija saa otettua rakennusosat tietomalliinsa valmiina objekteina. Tyypillisiä tuoteosamalleja tai objekteja ovat muun muassa ikkunat, ovet ja kalusteet. Suunnittelijat voivat luoda myös yrityksensä sisäiseen käyttöön luotuja kirjastoja, joiden avulla suunnittelutyö tehostuu merkittävästi (Eastman et. al. 2011; Kärnäkoski 2015)



**Kuva 5.** Suunnittelijan työn jakautuminen ajan suhteen (Eastman et. al. 2011; Smith & Tardif 2009)

Suunnitelmien laadun tarkastus ja samalla myös niiden laatu paranee, kun suunnitelmien tarkastelua ja yhteensovitusta on mahdollista tehdä automaattisen yhteensovitus- ja tarkastelutyökalujen avulla. Työkalujen avulla on mahdollista tarkastaa suunnitelmista täyttävätkö ne erilaisia säännöstöjä, kuten törmääkö rakenteet tai onko ovien ja ikkunoiden edessä riittävästi tilaa niiden avautumiselle. Samalla havaitut virheet on helppo raportoida kullekin osapuolelle. Tarkastusta suorittava konsultin ja suunnittelijan on mahdollista tehdä tarkastus- ja korjauskierros suunnitelmille nopeammin, jolloin suunnittelijalla on mahdollista keskittyä projektiin jatkuvasti ilman pitkäkestoisia keskeytyksiä. Tämä vähentää suunnittelijan samanaikaisten tehtävien ja jopa projektien määrää, jolloin työ tehostuu ja hukkaan heitetty aika vähenee (Eastman et. al. 2011).

### 2.2.3 Tietomallintamisen edut urakoitsijalle

Rakenteiden ristiriitaisesti suunnitellut tilavaraukset aiheuttavat merkittävän osan työmaalla ilmenevistä ongelmista. Tällaiset suunnitelmaristiriidat on mahdollista ratkaista

pääosin laadukkaalla törmäystarkastelulla jo suunnitteluvaiheessa. Tietomallipohjaista törmäystarkastelua on mahdollista suorittaa automaattisesti geometriapohjaisesti, sekä lisäksi sääntöpohjaisesti. Geometriapohjaisesti tarkastetaan, että rakenteet eivät ole fyysisesti päällekkäin, kun taas sääntöpohjaisesti tietomallista voidaan tarkistaa onko ovien ja ikkunoiden edessä tarpeeksi tyhjää tilaa niiden avautumiselle. Pienet törmäykset, jotka eivät todellisuudessa aiheuta työmaalla ongelmaa, voidaan helposti esittää, tarkistaa ja ohittaa (Eastman et. al. 2011).

Luotettavimmat suunnitelmien yhteensovitukset sekä tuoteosasuunnitelmat mahdollistavat entistä enemmän esivalmistettujen rakennusosien käytön. Esivalmistetut rakenneosat ovat usein laadukkaampia ja edullisempia, mitä paikan päällä tehtävät, sillä ne tehdään paremmissa ja tarkemmin valvotuissa olosuhteissa ja niiden tuotantovolyymit ovat suuremmat (Eastman et. al. 2011).

Erityisesti perustajaurakointia toteuttavalla rakennusurakoitsijalla on mahdollisuus hyötyä tietomallintamisesta, sillä urakoitsija pääsee vaikuttamaan tietomallin luomiseen heti suunnittelun alkumetreiltä lähtien. Tietomallinnuksesta saatavia hyötyjä ei ole mahdollista saavuttaa, jos suunnittelussa noudatetaan perinteistä suunnitteluprosessia. Tällöin valtaosa informaatiosta katoaa, kun tietomalli pitää luoda sen jälkeen kun suunnitelmat on tehty esimerkiksi 2D CAD-ohjelmistolla. Urakoitsijan ja suunnittelijan välinen yhteistyö koko suunnitteluprosessin aikana on onnistuneen tietomallinnushankkeen keskeisin vaatimus (Eastman et. al. 2011).

Urakoitsijan tekemät kustannusarviot, aikataulut ja tuotannon ohjaus vaativat perinteisesti lähtökohdaksi paperiset suunnitelmat, joista urakoitsija suorittaa manuaalisesti määrälaskennan aikataulutusta ja kustannusarvioita varten. Manuaalisesti suoritettu määrälaskenta on aikaa vievä, virheherkkä sekä kallis työvaihe, joka jätetään näin ollen tehtäväksi myöhäiseen suunnitteluprosessin loppuvaiheeseen. Näin ollen urakoitsijalla ei ole mahdollisuutta esittää kehitysehdotuksia suunnitteluprosessin aikana, jotka vähentäisi kustannuksia ilman laatutason heikentymistä. Jos suunnitelmien valmistuttua projektin kustannusarvio on yli budjetin, jää jäljelle kaksi vaihtoehtoa: Jättää projekti kokonaan toteuttamatta, tai suorittaa suunnitelmille kustannusta alentavia kehitysehdotuksia, jotka usein johtavat paitsi kustannusten, myös laadun alenemiseen (Eastman et. al. 2011).

Kaikesta tietomalleihin syötetystä informaatiosta on mahdollista tehdä informaation talteen otto, jossa automaattisesti tuodaan haluttu tieto esimerkiksi MS Excel -työkirjaan. Tyypillisesti tehtävälueetelo on määrälueetelo, joka voi olla luotu rakennusosista tai tiloista. Nopeasti ja automaattisesti tuotetut määrälueetelot mahdollistavat sen, että määrälaskentaa ja kustannusarviota voidaan tehdä useaan kertaan ja eri vaihtoehtoja tarkastellen samalla kun suunnitelmat tarkentuvat. Määrälueeteloita on tämän lisäksi mahdollista hyödyntää aikataulusuunnittelussa, kun tietomallista saatu määrälueetelo

sijaintitietoineen viedään suoraan aikatauluohjelmistoon (Eastman et. al. 2011; YTV 2012, osa 7).

Rakennustuotannon ja -aikataulun suunnittelussa voidaan hyödyntää tietomallista tehtyä 4D-mallia, jossa niin sanottu neljäs ulottuvuus on rakennusosien aika. 4D-mallista on visuaalisesti havaittavissa rakennusprojektin aikataulu, sen valmistuminen, työvaiheiden järjestys ja aikataulun kriittinen polku. Malliin on mahdollista lisätä työvaiheisiin liittyviä lisäobjekteja, kuten esimerkiksi torninosturi ja sen ulottuvuusalueet. Lisäämällä tarkemmin työaikaisia komponentteja malliin, voidaan sitä entistä tehokkaammin hyödyntää rakennustöiden havainnollistamisessa ja työturvallisuudessa. Tällaisia työaikaisia komponentteja ovat muun muassa suojakaiteet, muottikalusta, työaikainen tuentakalusto ja varastointialueet (Eastman et. al. 2011).

## 2.3 Yleiset tietomallivaatimukset 2012

”Yleiset tietomallivaatimukset 2012” on laajan COBIM-hankkeen tuloksena saatu julkaisu, jonka lähtökohtana ovat olleet eri tilaaja-organisaatioiden aikaisemmat ohjeet ja ohjeiden kirjoittajien seikkaperäiset kokemukset mallipohjaisista hankkeista. Hankkeen rahoittajina on toiminut Senaatti-kiinteistöjen ohella joukko muita kiinteistön omistajia, rakennuttajia, rakennusliikkeitä ja ohjelmistotaloja.

Yleiset tietomallivaatimukset koostuvat 14 osasta, joista osat 1-9 ovat toteutettu päivityksenä Senaatti-kiinteistöjen vuonna 2007 julkaisuista tietomallivaatimuksista ja osat 10–14 ovat julkaistu uusina ohjeistuksina.

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 koostu 14 osasta jotka on nimetty seuraavalla tavalla:

- Osa 1 Yleinen osuus
- Osa 2 Lähtötilanteiden mallinnus
- Osa 3 Arkkitehtisuunnittelu
- Osa 4 Talotekninen suunnittelu
- Osa 5 Rakennesuunnittelu
- Osa 6 Laadunvarmistus
- Osa 7 Määrälaskenta
- Osa 8 Havainnollistaminen
- Osa 9 Mallien käyttö talotekniikan analyyseissä
- Osa 10 Energia-analyysit
- Osa 11 Tietomallipohjaisen projektin johtaminen
- Osa 12 Tietomallien hyödyntäminen rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana
- Osa 13 Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa.
- Osa 14 Tietomallien hyödyntäminen rakennusvalvonnassa (YTV 2012)

Mallinnusvaatimuksissa esitetään vähimmäisvaatimukset mallinnukselle ja mallien tietosisällölle. Nämä vähimmäisvaatimukset on tarkoitettu kaikkiin hankkeisiin, joissa yleisiä tietomallivaatimuksia halutaan käyttää. Lisäksi hankkeesta riippuen voidaan esittää hankekohtaisia lisävaatimuksia. Tietomallihankkeeseen ryhtyvien osapuolien tulisi kunkin hallita oman alansa vaatimusten lisäksi vähintään osa 1 yleinen osa ja osa 6 laadunvarmistus. Tietomallihanketta tai hankkeen tiedonhallintaa ohjaavan henkilön tulisi hallita tietomallivaatimukset kokonaisuutena (YTV 2012)

Osassa 3 Arkkitehtisuunnittelu määrittää tietomallintamisen tarkkuustasot, jotka riippuvat hankkeen vaiheesta sekä tietomallien hyödyntämistarpeista. Tarkkuustasot voidaan pääosin jakaa kolmeen tasoon:

- Taso 1. Käyttötarkoitus on suunnittelijoiden välinen kommunikaatio ja suunnitelmien yhteensovittaminen; sijainti ja geometria on mallinnettu vaatimusten mukaan. Rakennusosat on nimetty kuvaavasti.
- Taso 2. Käyttötarkoituksena ovat hanke- ja luonnosvaiheissa energia-analyysit, rakentamisen valmisteluvaiheessa rakennusosapohjainen määrälaskenta; sijainti ja geometria on mallinnettu vaatimusten mukaisesti, rakennetyyppi määritetty ja oikean niminen ja tuoteosat mallinnettu niin, että kappalemäärät ja oleellinen määrätieto saadaan tuotetyypeittäin mallista
- Taso 3. Käyttötarkoituksena ovat työmaan aikataulutus ja hankinnat; sijainti ja geometria on mallinnettu vaatimusten mukaisesti, hankintaa varten oleelliset tiedot ovat attribuutti tms. kenttinä rakennusosissa ja ne voidaan listata (esim. ikkuna: tyyppi, aukkomitat, db-vaatimukset...) (YTV 2012, osa 3)

Tämä tutkimuksen luvussa 3 käsitellään rakennushankkeen eri vaiheisiin liittyviä tietomallikäytäntöjä ja samalla käsitellään vaiheeseen ja osapuoleen liittyviä Yleisiä tietomallivaatimuksia tarkemmin.

## 2.4 Tietomallinnuksen haasteet

Tietomallintamiseen liittyy haasteita ja yleisiä ennakkoluuloja. Nämä voidaan jakaa kahteen kategoriaan: Teknologiaan ja ohjelmistoihin liittyvät ongelmat sekä tietomallintamisprosessiin liittyvät ongelmat. Teknologiaan liittyvät ongelmat ovat tosin olleet ajankohtaisia joitakin vuosia sitten, mutta nykypäivänä teknologian kehittyessä, iso osa näistä on jo ratkaistu tai tullaan ratkaisemaan lähiaikoina.

Toimintatapaan ja prosessiin liittyviä haasteita on esimerkiksi ajatuskuva, että markkinat eivät ole vielä valmiita tietomallintamiselle. Monet tilaajat uskovat, että jos he vaativat suunnittelijoilta ja urakoitsijalta uusia toimintatapoja, rajoittaa se tarjoajien määrää, jolloin lopullinen hintakin voi olla kalliimpi (Eastman et. al). Tutkimukset kuitenkin osoittavat, että tämä ei enää pidä paikkaansa. Suomessa toteutetussa kyselyssä vuonna

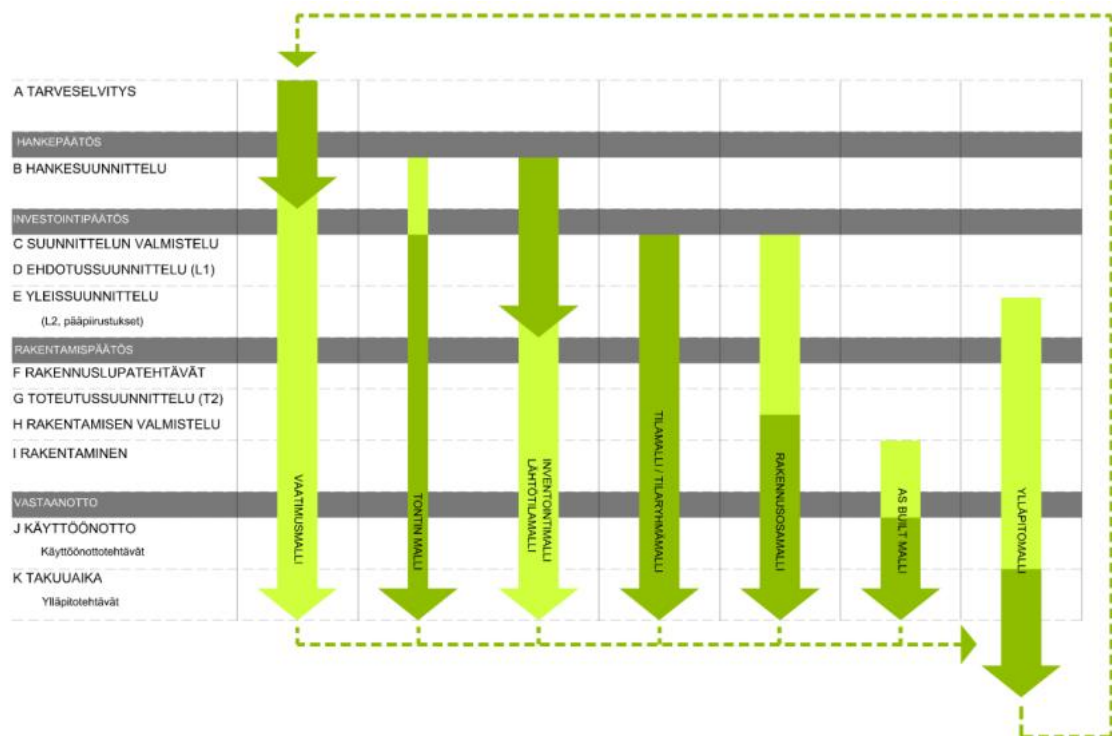
2013 65 % vastanneista käytti tietomallia työssään ja 90 % vastanneista sanoi ottavansa tietomallin käyttöön kolmen vuoden sisällä (RTS et. al. 2013).

Rakennustietosäätiö ja BuildingSMART Finland ovat toteuttaneet yhteistyössä RIBA Enterprises Ltd:n kanssa vuonna 2013 kyselyn ”Tietomallintamisen (BIM) käyttö Suomessa”. Kyselyyn vastasi Suomessa 402 henkilöä, jotka työskentelivät arkkitehti-, talotekniikka- tai rakennustoimistoissa. Kyselyyn vastanneista valtaosa piti tietomallien käyttöä positiivisena asiana, mutta kyselyn avoimet vastaukset kohdassa valtaosa julkistetuista vastauksista oli kuitenkin negatiivisia. Tämä osoittaa, että tietomallien hyödyntämisessä on vielä haasteita. Yhtenä haasteena koettiin, että projekteissa kaikki keskeiset osapuolet eivät vielä osaa hyödyntää tarpeeksi tai lainkaan tietomalleja. Toisena ongelmana nähtiin, ettei tilaaja ymmärrä tietomallihankkeessa suunnittelutyön painopisteen siirtymistä hankkeen alkuvaiheeseen, eikä näin ollen ole valmis maksamaan lisää tästä vaiheesta. Samalla koettiin myös tietomallipohjaisen projektin johtamisessa ja organisoinnissa puutteita, joka aiheuttaa aikatauluviivästyksiä (RTS et. al. 2013)

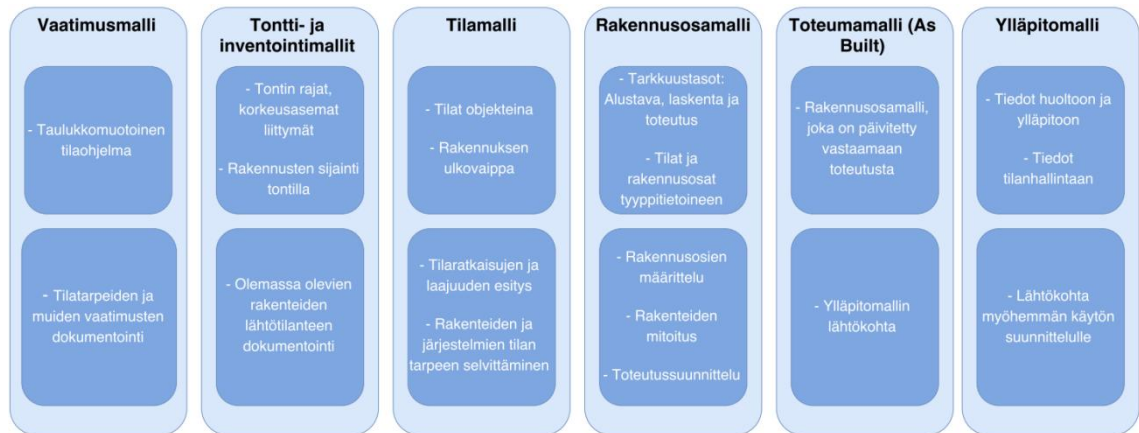
Uuden teknologian ja toimintatapojen käyttöönotto luo aina kustannuksia. Tällaisia ovat muun muassa ohjelmisto- ja laitteistoinvestoinnit sekä henkilökunnan koulutuskustannukset. Tietomallipohjaisen suunnittelun avulla on saavutettavissa hyötyä muun muassa lyhentyneestä suunnitteluajasta sekä laadukkaammista suunnitelmista. Saavutettujen hyötyjen myötä kassavirta kääntyy alkuinvestoinnin ja alkuvaiheen harjoittelun jälkeen nopeasti positiiviseksi (Eastman et. al).

### 3 ASUNTOJEN PERUSTAJAURAKOINTI ARKKITEHTIMALLIN NÄKÖKULMASTA

Asuntorakentamishankkeen eri vaiheet ja niitä vastaavat suunnittelutehtävät on esitetty kuvassa 8, jonka mukaan hankkeen vaiheet ovat tarveselvitys, hankesuunnittelu, suunnittelu, rakentamisen valmistelu, rakentaminen, käyttöönotto ja käyttö (RT 10-10827 2004; Kankainen & Junnonen 2001). Rakennushankkeen vaiheita käsitellään tarkemmin luvussa 3. Kuvassa 6 on esitetty vastaavasti tietomallihankkeen rakenne, jossa yleissuunnitteluvaiheen loppuminen vastaa perinteisen hankkeen suunnitteluvaiheen päättymistä. Arkkitehdin laatimasta tietomallista käytetään nimitystä arkkitehtimalli. Kyseiseen tietomallihankkeeseen liittyvän arkkitehtimallin sisältö ja käyttötarkoitus on esitetty kuvassa 7 (YTV 2012, osat ja 3).



**Kuva 6** Tietomallihankkeen vaiheet (YTV 2012, osa 3)



**Kuva 7** Arkkitehtimallin yleinen sisältö ja käyttötarkoitus (Muokattu YTV 2012, osa 1)

Tarveselvitysvaiheessa muodostuu alustavasta rakennusohjelmasta, aikataulusta sekä kustannus- ja kannattavuusarviosta. Tässä vaiheessa toimintaympäristö kuvaillaan tiloina ja niiltä vaadittavilta ominaisuuksilta. Tarveselvitysvaiheen lopputuloksena syntyy hankepäätös (Kankainen & Junnonen 2001; RT 10-10387 1989)

Hankesuunnitteluvaiheessa määritellään täsmälliset hankkeen laajuus-, laatu-, kustannus- ja aikatavoitteet. Hankesuunnitteluvaiheessa laaditaan suunnitteluohje arkkitehtonisia ja teknisiä ratkaisuja varten, jonka avulla suunnittelijat pystyvät laatimaan tavoitteen mukaiset rakennussuunnitelmat. Hankesuunnittelun päätteeksi tehdään investointipäätös (Kankainen & Junnonen 2001; RT 10-10387 1989).

Suunnitteluvaiheessa kehitetään edelleen rakennuspaikkaan ja sen ympäristöön soveltuvan kohteen arkkitehtoniset, tekniset ja toiminnalliset ratkaisut. Suunnitteluvaiheen suunnittelutehtäviä ovat luonnossuunnittelu sekä osittain toteutussuunnittelu, jotka muodostuvat ehdotus-, luonnos- ja toteutussuunnittelusta. Toteutussuunnittelua vastaa myös rakentamisen valmistelu -hankevaihe, jonka lopussa syntyy rakentamispäätös (Kankainen & Junnonen 2001; RT 10-10827 2004).

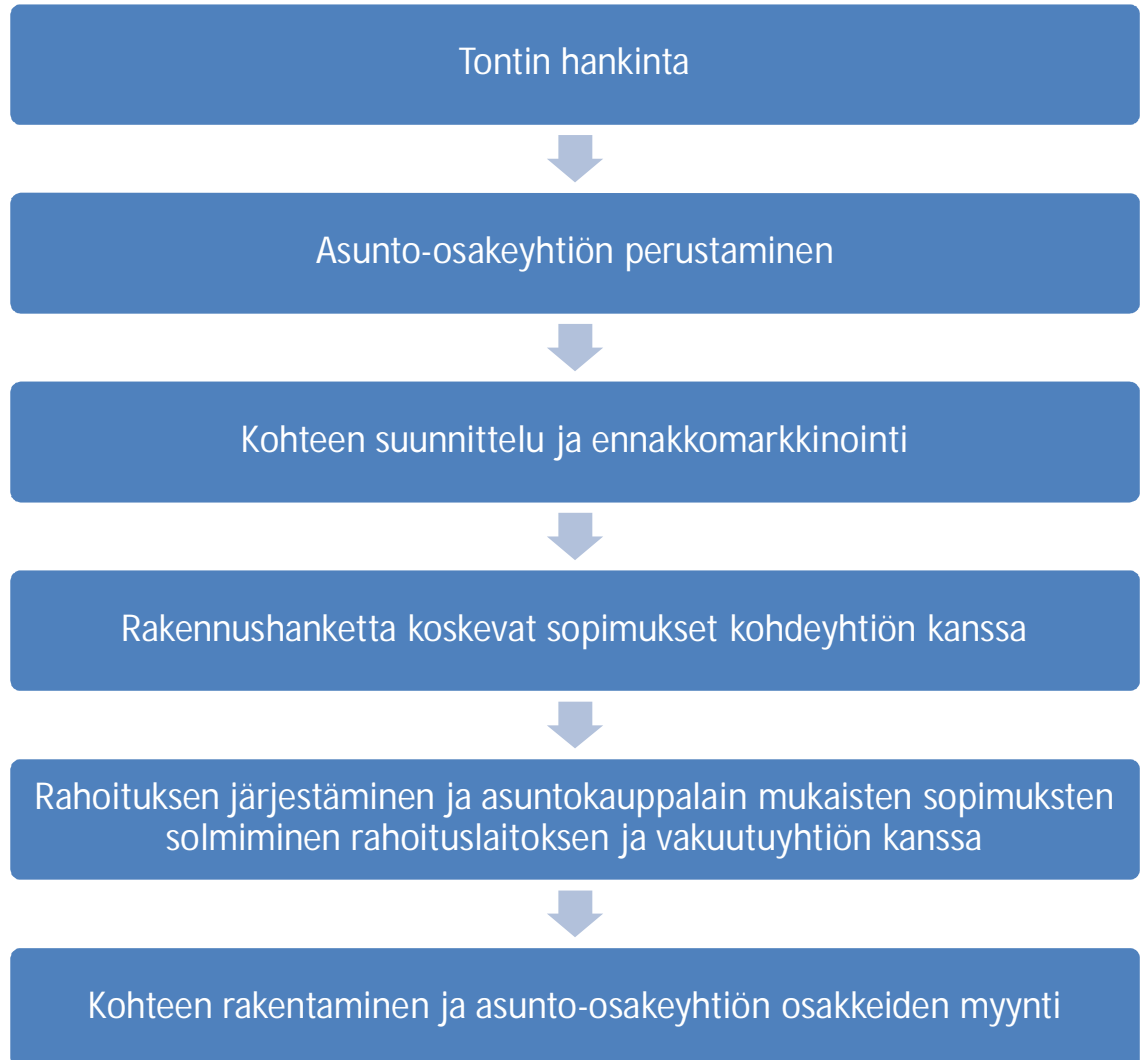
Rakentamisvaiheessa rakennetaan suunniteltu kohde. Rakentamisvaihe alkaa urakkasopimuksesta ja päättyy vastaanottotarkastukseen, jossa urakoitsija luovuttaa rakennuksen rakennuttajalle. Rakentamisen aikana toteutettavia suunnittelutehtäviä ovat täydentävien suunnitelmien laatiminen sekä rakennustyön valvonta ja urakoitsijoiden ja tavarantointijien tuotantosuunnitelmien tarkastaminen (Kankainen & Junnonen 2001; RT 10-10387 1989; RT-1010827 2004 ).





**Kuva 8.** Asuntotuotantohankkeen vaiheet ja niihin liittyvät tehtävät. Vasemmalla hanke-  
vaihe ja oikealla vaiheeseen liittyvä suunnittelutehtävä (RT 10-10827 2004; )

Perustajaurakoinnilla tai omaperustaisella asuntotuotannolla tarkoitetaan sellaista toimintaa, jossa rakennusliike suunnittelee, markkinoi, tuottaa ja myy asuntoja sekä muita liike- ja toimistotiloja. Perustajaurakoinnin tuotanto- ja myyntiprosessi on esitetty kuvan 8 kaaviossa (Lahti 2007; Kirjanpitolautakunta 2006).



**Kuva 9.** Perustajaurakointiliiketoiminnan kuvaus (Muokattu Kankainen & Junnonen 2001; Kirjanpitolautakunta 2006)

Kun perustajaurakointi kohdistuu asuntojen rakentamiseen ja asuinhuoneistohallintaan oikeuttavien osakkeiden myyntiin kuluttajille, rakennusliikkeen toimintaa säätelee tällöin asuntokauppalaki ja -asetus sekä säädökset myynnistä kuluttajille. Uusi asuntokauppalaki tuli voimaan 1.1.2006 korvaten lain vuodelta 1995 (Lahti 2007).

### 3.1 Tarveselvitys

Hankepäättöksen pohjaksi tehdään selvitys, jossa perustellaan hankkeen tarpeellisuus, kuvataan tarvittavat tilat ja arvioidaan eri ratkaisujen edullisuus. Tarveselvityksen koostumus riippuu siitä, omistaako käyttäjä tilansa itse vai ovatko käyttäjä ja omistaja eri tahoja (Kankainen & Junnonen 2001; RT 10-10387 1989). Rakennusliikkeen näkökulmasta perustajaurakoitavien asuntojen lopullinen omistaja tai käyttäjä on käytännössä aina joku muu, kuin rakennusliike. Tarveselvityksessä on näin ollen selvitettävä yleinen asuntomyyntin markkinatilanne.

Tarveselvitysvaiheessa rakennuttamiseen liittyvät tehtävät ovat tavoitteiden määrittely ja hankepäättöksen valmistelu. Tavoitteita määritellessä määritellään toiminnalliset vaatimukset ja sijaintia koskevat rajoitukset, asetetaan taloudelliset tavoitteet ja rajoitukset sekä hahmotetaan tiloille laatu-, laajuus-, kustannus- sekä aikataulupuitteet. Hankepäättöksen valmistelu edellyttää talous-, riski- ja suhdanneanalyysien laadintaa, ympäristövaikutusten arviointia sekä hankkeen rakennuslupaedellytyksien selvittämistä (Kankainen & Junnonen 2001).

Yleisten tietomallivaatimusten mukaan tarveselvitysvaiheessa laaditaan vaatimusmalli, joka on vähimmillään taulukkomuodossa oleva tilaohjelma, jota voidaan käyttää tilaohjelman ja suunnitteluratkaisujen vertailussa. Tilaohjelman tulee pitää sisällään tilakohdattaiset pinta-ala- ja erityisvaatimukset ja sitä voidaan täydentää tilaajan tiloille asettamilla vaatimuksilla. Tilaohjelmassa esitettäviä vaatimuksia ovat muun muassa

- tilan nettotarve ja tarvittaessa mittoihin ja muotoihin liittyviä vaatimuksia
- tilan käyttö ja käyttäjät sekä keskeiset yhteydet ja vaikutukset muihin tiloihin
- sisäilmasto, ääneneristys, valaistus, kuormitus, kestävyys, turvallisuus ja laatuolos
- LVI-järjestelmät, sähköjärjestelmät, kalusteet, varusteet, laitteet, sisäpuoliset pintarakenteet

Vaatusmallin lähtötietoina ovat tilaajan vaatimukset, budjetti sekä tavoitteet. Vaatusmallin tulee pitää tarveselvitysvaiheessa sisällään rakennuksen laajuustiedot: Tontin ala, bruttoala, kerrostasosalat huoneistojen alat, tilaryhmien alat sekä huonealat. Vaatus- tai inventointimalli voidaan tilata joko erillisenä toimeksiantona tai sen voi sisällyttää jonkun suunnittelijan tehtäviin. (YTV 2012, osat 3 ja 11).

### 3.2 Hankesuunnittelu

Hankesuunnittelussa tarkennetaan tarveselvitysvaiheessa luotuja alustavia suunnitelmia ja asetetaan täsmälliset tavoitteet hankkeen laajuudelle, kustannuksille ja aikataululle sekä määritellään rakennuspaikka ja hankkeen toteutustapa. Hankesuunnittelun tavoitteena on saavuttaa tasapaino tavoitteiden ja lähtötietojen välille (Kankainen & Junnonen 2001).

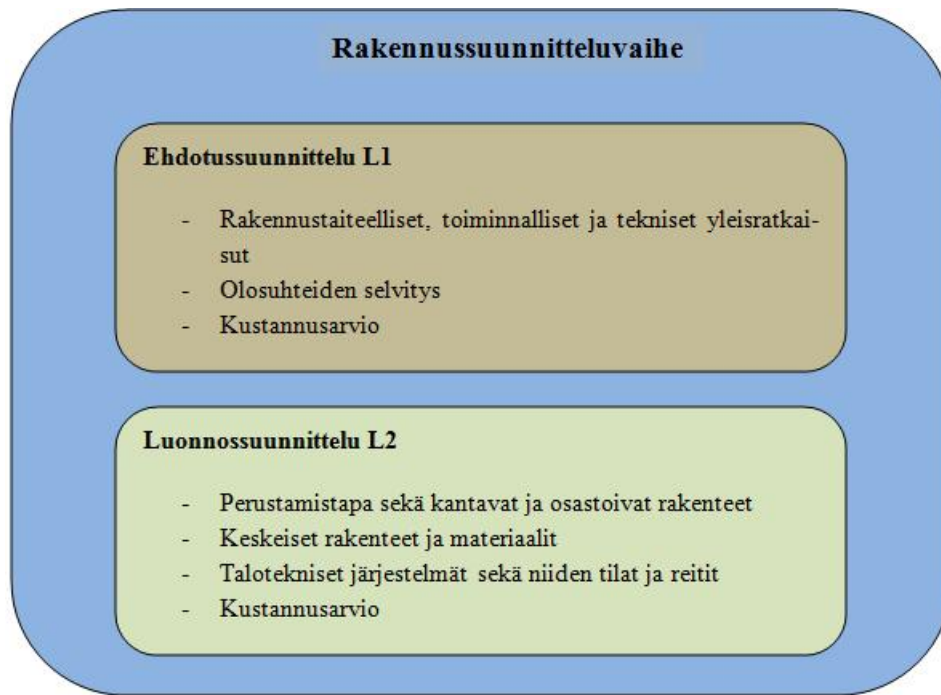
Tontin ja olemassa olevien rakennusten mallinnus tehdään paikalla tehtävien mittausten, inventointien ja tutkimusten perusteella. Korjausrakentamishankkeissa rakennusten lähtötilannemallia kutsutaan inventointimalliksi. Uudisrakennuskohteissa mallinnetaan pääsääntöisesti vain tontti. Tontin mallin täytyy olla vähintään kolmiulotteinen pinta-malli, mutta malliin voidaan sisällyttää tontin rajapisteiden sekä esimerkiksi kaivojen ja kaapeleiden sijainnit. Tarvittaessa voidaan suorittaa pohjatutkimuksia, joiden tuloksena syntyy geotekninen malli. Lisäksi tontin malliin on suositeltavaa sisällyttää lähiympäristön rakennuksia ja katualueita tarkoituksen mukaisessa laajuudessa (YTV 2012, osat 2 ja 3).

Hankesuunnitteluvaiheen arkkitehdin tilamallin avulla on mahdollista tutkia eri suunnitteluvaihtoehtoja tilapohjaisilla analyysillä. Lisäksi mallin avulla voidaan tehdä energia- ja olosuhdesimulointeja elinkaarikustannustarkasteluiden tueksi sekä tavoitteiden asettamiseksi rakennuksen energiatehokkuudelle ja sisäolosuhteille. Hankesuunnitteluvaiheessa energia-analyysieihin hyödynnetään arkkitehdin tietomallia. Tilojen lisäksi mallissa tulee olla niitä ympäröivät seinät ja muut jatko-osat mallinnettuna. Ulkoseinissä tulee olla ikkunat karkealla tarkkuudella. Korjausrakennushankkeissa hyödynnetään inventointimallista saatavia tietoja olemassa olevien rakennusten ulkovaipan geometriasta (YTV 2012, osat 3 ja 10).

Mallinnuksen onnistumisen kannalta on tärkeää, että tilaaja määrittelee tietomallinnuksen organisoinnin periaatteet, tietomallintamisen käyttötarkoituksen ja laajuuden hankkeessa jo hankesuunnitteluvaiheessa esimerkiksi alustavassa tietomallintamissuunnitelmassa (YTV 2012, osa 11).

### **3.3 Suunnittelu**

Kuten kappaleessa 2.2. on esitetty, suunnitteluvaihe on keskeisin rakennusvaiheen laatuun ja kustannuksiin vaikuttava vaihe. Suunnitelmien tilaajan tulee luoda suunnittelun edellytykset ja motivaatio, sekä ohjata suunnittelua (Eastmant et al. 2011; RT 10-10992). Tämän vuoksi suunnittelun organisoinnilla on suuri merkitys suunnittelun onnistumiselle. Hankesuunnitteluvaiheessa määriteltujen tavoitteiden ja ohjeiden avulla tilaaja määrittelee suunnittelijoiden tehtävät, laatii tarjouspyynnöt ja hankkii suunnittelun. Arkkitehdin lisäksi hankkeeseen liitetään vähintään rakenne-, geo- ja talotekniikka-suunnittelijat. Suunnittelun organisoinnin tavoitteena on saada kuhunkin osatehtävään paras mahdollinen osaaminen sekä varmistaa suunnittelun yhteensopivuus. Suunnitteluryhmien toimintamalleja ovat perinteisesti rakennuttaja vetoinen suunnittelu, pääsuunnittelijan koordinoima suunnittelu, kokonaissuunnittelu tai yhteisvastuullinen suunnittelu (Kankainen & Junnonen 2001; RT 10-10387, 1989).



**Kuva 10** Rakennussuunnitteluvaiheen sisältö (Kankainen & Junnonen 2001)

Rakennussuunnittelun vaiheet ovat esitetty kuvassa 9. Vaihteita ovat ehdotussuunnittelu ja luonnossuunnittelu. Lisäksi suunnitteluvaiheeseen liittyy osittain toteutussuunnittelun alkuvaiheet, kuten alustavien teknisten suunnitelmien laatiminen (RT 10-10827 2004) Ehdotussuunnitelmien avulla tutkitaan ja vertaillaan erilaisia toiminta- ja maankäyttömalleja sekä tehdään tarpeellinen määrä vaihtoehtoisia yleisratkaisuja. Vaiheen aikana selvitetään muun muassa rakennuspaikan kaavatilanne, kunnallistekniikka ja teetetään alustava pohjatutkimus. Ehdotussuunnitelmassa (L1) esitettävästä yleisratkaisusta käy ilmi kohteen

- toiminnallinen yleisratkaisu
- rakennustaiteellinen yleisratkaisu
- tekninen yleisratkaisu
- sijoittuminen tontille
- liittyminen ympäristöön
- perustamisolosuhteet
- alueen kunnallistekniikan valmiusaste ja liittymätiedot
- kustannusarvio (Kankainen & Junnonen 2001).

Luonnossuunnitelmissa (L2) osoitetaan ehdotussuunnitelmaa tarkemmin edellä mainitut yleisratkaisut. Lisäksi luonnosvaiheessa teetetään rakennusjärjestelmän periaateratkaisu sekä yksityiskohtainen rakennuspaikan pohjatutkimus. Rakenne- ja talotekniikkasuunnittelijat esittävät luonnosvaiheessa vaihtoehdot tilojen ja teknisten ratkaisujen ohjaus- ja valvontajärjestelmistä ja niiden kytkeytymisestä muihin toimintoihin. Luonnossuunnitelmissa esitetään yleisellä tasolla

- ympäristösuunnitelma
- perustamistapa
- kantavat ja osastoivat rakennusosat
- keskeiset rakenteet
- päämateriaalit
- rakennustapaselostus
- talotekniset järjestelmät, tilat, pääkanavat ja putkireitit
- talotekniikkaselostus ja sitä täydentävä järjestelmäselostus
- kustannusarvio

Sekä lisäksi suunnitellaan yksityiskohtaisesti ratkaisumallit

- toistuvista osastoista tai toimintayksiköistä
- tyypillisistä yksityiskohdista
- erikoisrakenteista

Luonnossuunnitelmia verrataan aiemmin sovittuihin tavoitteisiin ja niistä tarkistetaan, että laajuustiedot ja tilaohjelman vaatimukset täyttyvät, hankkeen kustannusarvio noudattaa tavoitehintaa ja että hankkeen toteuttamisaikataulu vastaa suunniteltua. (Kankainen & Junnonen 2001).

### **3.3.1 Tietomallihankkeen organisointi ja johtaminen**

Tietomallihankkeen keskeisimpiä osapuolia ovat hankkeeseen ryhtyvän lisäksi pääsuunnittelija, tietomallikoordinaattori sekä suunnittelualakohtaiset vastuuhenkilöt. Maankäyttö- ja rakennuslaissa määritellään pääsuunnittelijan tehtäväksi huolehtia koko rakennushankkeen ajan, että rakennussuunnitelma ja erityissuunnitelmat muodostavat kokonaisuuden siten, että rakentamista koskevien säännösten ja määräysten sekä hyvän rakentamistavan vaatimukset täyttyvät. Lisäksi pääsuunnittelijalla on oltava asiantuntemus ja ammattitaito johtaa suunnitelmien yhteensovittamista (MRL 5.2.1999/132, § 120). Lisäksi Rakentamismääräyskokoelman mukaan pääsuunnittelijan velvollisuuksiin kuuluu muun muassa huolehtia eri alojen suunnittelijoiden yhteistyön järjestämisestä sekä varmistaa, että kaikilla hankkeen suunnittelijoilla on tieto siitä, mikä osuus vaadittavista suunnitelmista on heidän vastuullaan (RakMK A2).

Tietomallikoordinaattorin tehtävänä on koordinoida eri suunnittelualojen tietomallinnustehtäviä. Tietomallikoordinaattorille kuuluu yhdessä projektinjohdon kanssa tietomallitavoitteiden sekä tietomallinnuksen käytön laajuuden kuvaaminen. Nimetty koordinaattori selvittää kullekin osapuolelle tietomallinnustehtävät, vastuut ja velvollisuudet sekä ohjeistaa, koordinoi ja ohjaa osapuolia koko hankkeen läpi. Tietomallikoordinaattori raportoi suunnittelunjohdolle esimerkiksi suunnittelukokouksien yhteydessä tietomallintamisen statuksen, tehdyt toimenpiteet, laadunvarmistuksen tulokset sekä mahdolliset ongelmat. Lisäksi koordinaattorin tehtäviin voi sisällyttää yhdistelmämallien tuot-

tamisen sekä yhdistelmämallin laaduntarkistuksen tai ne voidaan määrittää pääsuunnittelijan tehtäväksi (YTV 2012, osa 11).

Suunnittelun käynnistyessä nimetään suunnittelualoittain vastuuhenkilöt tietomallinnustehtäviä koskien. Vastuuhenkilöinä voivat toimia suunnittelualan vastuulliset suunnittelijat tai kyseisen suunnittelualan tietomalliasiantuntijat. Tietomallintamisen vastuuhenkilön tehtäviä ovat muun muassa:

- toimia yhteyshenkilönä tietomallintamiseen liittyvissä asioissa
- koordinoida ja ohjata oman suunnittelualan tietomallinnustehtäviä
- osallistua tietomallinnussuunnitelman päivittämiseen
- kommunikoida muiden suunnittelualojen kanssa rajapintoihin, tiedonsiirtoon, pelisääntöihin ja yhteistyöhön liittyen
- huolehtia suunnittelualakohtaisesta laadunvarmistuksesta, tietomalliselostuksen laadinnasta ja tiedonhallinnasta
- varmistaa ja tarkistaa omalta osaltaan yhdistelmämallien toimivuuden sekä suunnittelumallien yhteensopivuuden (YTV 2012, osa 11)

Hankkeen suunnittelupalvelut tulee hankkia ja organisoida tietomallinnuksen erityispiirteet huomioiden. Erityisesti tulee painottaa eri osapuolten osaamista, kokemusta, yhteistyökykyä sekä kykyä tuottaa tietoa halutussa muodossa. Yritysreferenssien lisäksi tulee kiinnittää huomiota projektihenkilöstön tietomalliosaamiseen sekä organisaation riittäviin resursseihin muun muassa varamiesjärjestelyjen osalta. Suunnittelutarjouspyynnöissä tulee olla selvästi esitettynä tietomallinnukselle asetetut tavoitteet ja vaatimukset, joita ovat esimerkiksi:

- suunnittelualakohtaiset mallinnuksen sisältövaatimukset ja tarkkuustaso
- havainnollistaminen kohteessa ja tehtävän jako eri suunnittelijoiden kesken
- laajuustiedon tuottaminen
- tietomallin laadunvarmistus (sisältö, yhteensovitus ja törmäystarkastelut)
- vaihtoehtojen vertailut
- mallihuoneet ja -alueet
- kustannustietojen tuottaminen malleista
- rakenneanalyysit
- reikä- ja varaussuunnittelun periaatteet
- energia- ja olosuhdeanalyysit ja -simuloinnit
- muut simuloinnit ja analyysit (elinkaarikustannus-, virtaus-, valaistus-, tatejärjestelmä-, akustiikka-, palo- ja pelastautumissimulaatiot)
- rakennusaikainen tuotannonohjaus
- työmaajärjestelyiden suunnittelu ja kuvaaminen
- suunnittelijoiden ja eri tuoteosatoimittajien yhteistyö toteutusvaiheessa (esimerkiksi elementtituotanto)
- toteutusvaiheen aikatauluhallinta (YTV 2012, osa 11).

Kuten kappaleessa 2.2.2 on esitetty, tietomallipohjainen suunnittelu muuttaa totuttuja suunnittelurytmiä hankkeessa, eikä rakennusalalla ole olemassa vakiintunutta mitoituskäytäntöä tietomallisuunnittelun aikataulutukselle. Tietomallintamalla tehdyssä suunnitteluhankkeessa suunnittelutyön etenemistä rytmittävät eri suunnitteluvaiheissa tehtävien suunnittelualojen mallien yhteensovitus ja laadunvarmistuksen vaatimat ajanjaksot. Suunnitteluajataulua laadittaessa on huomioitava tilaajan päätöksentekopisteet ja tietomallien sisällön riittävyys ja toimituksen oikea-aikaisuus päätöksentekoa varten. Liitteessä 5 on esitetty esimerkki tietomallisuunnittelun aikataulusta, johon on esitetty tietomalleille tehtävät laadunvarmistuspisteet sekä tilaajan tekemät päätökset (YTV 2012, osa 11).

### 3.3.2 Suunnitteluvaiheen aikataulu

Oikein mitoitettu suunnitelma-aikataulu (tai piirustusaikataulu) on yksi keskeisimpiä suunnittelunohjauksen työkaluista koko hankkeen ajan. Suunnitelma-aikataulu laaditaan suunnittelun johtamisen avuksi. Suunnitelma-aikataulussa kuvataan suunnittelun sisältö ja suunnitelman ajoitus ja siinä määritetään päivämäärät, jolloin suunnitelmat tulee olla tehtynä ja muiden osapuolten käytettävissä. Suunnitteluajataulu laaditaan yleensä yhdessä hankinta-aikataulun kanssa ja sitä tarkennetaan kun rakentamisen aikataulu on hyväksytty. Suunnitelmien valmistuspäivämäärät ovat yleensä määritelty toiminnallisten ja kaupallisten tavoitteiden pohjalta ja kriittisen reunaehdon suunnitteluajataululle muodostaa hankintaprosessin kesto (Koskenvesa & Sahlstedt 2013).

Rakennushankkeen ehdotussuunnitteluvaiheessa tavoitteet ja vaatimukset on dokumentoitu vaatimusmalliin, jonka pohjalta kehitetään sopivaa perusratkaisua vaihtoehtoisilla karkealla tasolla olevilla arkkitehdin tilamalleilla. Tilamallissa tulee olla mallinnettuna tilat ja niitä rajaavat seinät, jotka ovat jaoteltuna ulko- ja väliseiniin sekä ikkunat ja ovet tulee olla mallinnettuna energia-analyysejä ja olosuhdesimulointeja varten (YTV 2012, osat 3 ja 11). Rakennesuunnittelijalla ei ole varsinaisia mallinnusvaatimuksia, mutta voidaan projektikohtaisesti sopia, että rakennesuunnittelija laatii alustavan rakennusosamallin ja arvioi suunnitteluvaihtoehtojen toteutuskelpoisuutta ja talotekniikkasuunnittelijat kartoittaa ehdotussuunnitteluvaiheessa eri taloteknisiä järjestelmiä ja ratkaisuja (YTV 2012, osat 4 ja 5).

Luonnossuunnitteluvaiheessa kehitetään ehdotussuunnitteluvaiheessa valittua perusratkaisua toteutuskelpoiseksi. Luonnossuunnitteluvaiheessa pääpaino on rakennusosamallin teossa. Arkkitehti kehittää alustavan rakennusosamallin, josta tuotetaan tarvittavat dokumentit rakennuslupaprosessia varten. Mallintamisen yleinen tarkkuustaso on 1, mutta hankekohtaisesti voidaan sopia rakennusosia, joiden tarkkuustaso on 2. Rakennusosien karkeat tyyppimäärittelyt tulee olla tehtynä. Esimerkiksi ulkoseinät, kantavat ja kevyet sisäseinät tulee voida erottaa toisistaan. Rakennusosamallin tulee pitää sisällään esimerkiksi Talo2000 nimikkeistön kaltaiset tyyppimerkinnät rakennusosien tunnistamista varten (YTV 2012, osa 3 ja 11). Viimeistään tässä vaiheessa rakennesuunnit-



telijan tehtävät ovat samat, kuin edellä ehdotussuunnitteluvaiheessa mainittuna. Rakennesuunnittelijan rakennusosamallissa tulee olla esitettynä perustukset, alapohjalaatat, rakennuksen runko (VSS, seinät, pilarit, palkit väli- ja yläpohjat sekä parvekkeet) perusgeometrialtaan. Muiden rakennusosien mallinnuksesta voidaan sopia projektikohtaisesti (YTV 2012, osa 5).

### **3.3.3 Tietomallien avulla tehtävä kustannuslaskenta suunnitteluvaiheessa**

Suunnitteluvaiheesta mallista lasketaan perustunnuslukuja, kuten bruttoala, tilavuus ja julkisivun pinta-ala. Näiden tunnuslukujen avulla voidaan johtaa muita tunnuslukuja, kuten tilavuuden ja julkisivun pinta-alan suhde, jonka avulla selvitetään suunnitteluratkaisun tehokkuutta (YTV 2012, osa 7).

Arkkitehdin eri vaiheiden mallien yleinen sisältö on esitetty kuvassa 10. Arkkitehdin tilamallista lasketaan tilaohjelman mukaisten tilojen pinta-alat laajuuslaskelmana. Saatua laajuuslaskelmaa voidaan käyttää tavoitehinnan arvioinnissa ja määrittelyssä, suunnittelun ohjauksessa tavoitteiden saavuttamiseksi sekä arvioitaessa vuokrattavien ja omistettavien tilojen pinta-aloja (YTV 2012, osa 7).

Rakennusosamallista lasketaan määriä rakennus- ja tekniikkaosien perusteella, kuten esimerkiksi kantavien seinien määrät tai ilmanvaihdon palvelualueiden mukaiset tulo- ja poistoilmakoneet. Lasketut määrät muodostavat rakennusosamääräluettelon. Alustavaan rakennusosalaskentaan tarvitaan vähintään arkkitehdin alustava rakennusosamalli, jossa rakennusosat on mallinnettuna objekteina, eikä esimerkiksi seinän jokaista rakennekerrosta mallinneta erikseen. Laskija joutuu tekemään mallissa olevien tyyppirakenteiden perusteella oletuksia tarkemmista tyypeistä ja määristä (YTV 2012, osa 7).

Tarkennettua rakennusosalaskentaa varten tulee olla käytettävissä arkkitehdin rakennusosamalli, rakennesuunnittelun yleissuunnitteluvaiheen tai hankintoja palveleva rakennemalli ja mahdollisesti talotekniikkasuunnittelun järjestelmämalli. Nyt rakennus- ja tekniikkaosien määriä täsmennetään mallissa olevilla tuoterakenteilla ja -tiedoilla. Arkkitehdillä rakennusosien rakennekerrokset ja rakennemallissa rakennetyypit ovat yksilöity (YTV 2012, osa 7).

## **3.4 Rakentamisen valmistelu**

Rakentamisen valmisteluun liittyvä suunnittelutehtävä on toteutussuunnittelu, joka liittyy osittain myös suunnittelu- ja rakentamisvaiheeseen. Toteutussuunnittelun keskeisimmät tehtävät rakentamisen valmisteluvaiheessa ovat rakennuslupa- ja markkinointiasiakirjojen laatiminen sekä urakkalaskentaa varten laadittavat suunnitelmat (RT 10-10827). Rakennuslupahakemukseen on liitettävä muun muassa pääpiirustukset, selvitys rakennuspaikan perustamis- ja pohjaolosuhteista sekä viranomaisen vaatimat muut selvitykset. Rakennuslupavaiheen jälkeen toteutussuunnittelussa laaditaan työpiirustukset

sekä sellaiset tekniset suunnitelmat, joiden pohjalta rakennuksen laatu ja määrä voidaan määritellä ja näiden tietojen pohjalta voidaan suorittaa kustannuslaskenta (Kankainen & Junnonen 2001).

Urakoitsijoille voidaan luovuttaa IFC-muodossa tietomalleja tai tietomalleista tuotettuja määräluetteloita käyttöön urakkalaskentavaiheessa. Luovuttamiseen liittyy kuitenkin vastuukysymyksiä ja usein tietomalleja luovutetaan laskentaa varten sitoumuksetta. Mikäli tietomalleja halutaan hyödynnettävän rakentamisvaiheessa, tulee ne aina luovuttaa tilaajaa ja suunnittelijaa sitovina. Samalla on myös luovutettava tarkastuspöytäkirjat ja tietomalliselostus, joista ilmenee tietomallin laajuus, tarkkuus ja valmiusaste. Tietomallit nimetään urakkasopimuksiin teknisiksi asiakirjoiksi ja niiden pätevyysjärjestys määritellään muihin asiakirjoihin nähden. Samalla on sovittava käytäntö tietomallien luovuttamisesta kolmansille osapuolille (YTV 2012, osat 11 ja 13).

Urakkaneuvottelu tai urakkalaskentavaiheessa pidetään suunnitelmien katselmuksen yhteydessä tietomallikatselmus, jossa käydään läpi tietomallien pääsisältö, käyttötarkoitus, valmiusaste sekä tietomalliselostuksen ajantasaisuus. Samalla käydään läpi suunnittelijoiden tekemät laadunvarmistustehtävät sekä tietomallien yhteensovitukset. Lisäksi varmistetaan sovittujen korjausten toteutus ja tilanne. Katselmuksen yhteydessä voidaan sopia jatkossa yhdistelmämallin kokoamisesta, mallien julkaisuvaiheet, työmallien päivitysvälit sekä mallien muutosten, revisioiden hallinta sekä laadunvarmistus (YTV 2012, osa 13).

### **3.4.1 Tietomallien laadunvarmistus**

Tietomallipohjaisten suunnitelmien laadun parantaminen on suunnittelijoiden ja tilaajan yhteistyötä. Laadukkaampien suunnitelmien seurauksena rakentamisen aikataulu, kustannusten ennustettavuus paranee sekä työmaan aikana tapahtuva muutossuunnittelu vähenee. Kullakin suunnittelualalla on tämän lisäksi muitakin laadunvarmistukseen liittyviä tehtäviä. Keskeisin tavoite laadunvarmistuksella on suunnittelijoiden omien suunnitelmien laadun parantaminen ja ylläpito. Lisäksi laadunvarmistuksen tavoitteena on eri osapuolten välisen tiedonsiirron parantaminen ja siten suunnitteluprosessin tehostaminen (YTV 2012, osa 6).

Laadunvarmistus ei ole sinänsä uusi asia, vaan se on ollut käytössä perinteisessäkin dokumenttipohjaisessa suunnittelussa. Suunnittelija on vastuussa suunnitelmiensa laadusta kuten aina ennenkin ja siten suunnittelija on vastuussa tietomallinsa tietosisällöstä. Huonosti toteutettu laadunvarmistus johtaa siihen, että ongelmat löydetään ja ratkaistaan vasta kun on pakko, eli usein työmaalla. Tietomallipohjainen laadunvarmistuksessa keskeisin tavoite on havaita ongelmat mahdollisimman aikaisin ja korjata ristiriidat ennen kuin ne muodostavat ongelman (YTV 2012, osa 6).

Kunkin suunnittelijan tulee tehdä säännöllistä laadunvarmistusta läpi suunnitteluprosessin oman laatujärjestelmänsä mukaisesti. Jos suunnitelmien tarkastelu ja yhteensovitta-

minen tehdään ainoastaan myöhäisessä vaiheessa, johtaa se helposti tilanteeseen, jossa yhteensovittamisen vaatimat korjaustyöt ovat suuria, eikä niitä aikataulupaineessa saada kaikkia aina korjattua (YTV 2012, osa 6).

Ladunvarmistusprosessissa suunnittelija, suunnitteluryhmä ja tilaaja tekee kukin tietomallin laadunvarmistusta sillä jokaisella osapuolella on oma näkökulma tarkastettaviin asioihin. Tietomallin tarkastus voidaan jakaa kolmeen eri periaatteelliseen tarkastuspisteeseen:

1. Säännöllisesti
2. Suunnittelukokoukset
3. Projektikohtaisesti sovittavat tarkastuspisteet

Suunnittelija toteuttaa laadunvarmistusta aina säännöllisesti sekä tekee tietomallin tarkistuksen suunnittelukokousten ja projektikohtaisten tarkastuspisteiden yhteydessä. Suunnitteluryhmä tekee tarkistuksen suunnittelukokousten ja tarkastuspisteiden yhteydessä ja tilaaja puolestaan tarkastuspisteiden yhteydessä. Erikseen sovittava tarkastuspiste voi olla esimerkiksi luonnossuunnittelun loppupuolella ennen pääpiirustusten tuottamista sekä ennen työpiirustusten tuottamista (YTV 2012, osa 6).

Tietomallin tarkastuksen lisäksi päivitetään laadittu tietomalliselostus, joka tarkastetaan tietomallin tarkastuksen yhteydessä. Suoritetusta tietomallin tarkastuksesta laaditaan kirjallinen raportti, joka kuvaa tarkastuksessa havaittuja seikkoja. Edellä mainittujen tehtävien lisäksi tulee aina huomioida suunnittelualakohtaiset tehtäväluettelot, määräykset ja lait (YTV 2012, osa 6).

Tietomallien yhdistäminen tehdään ja tarkastaminen tapahtuu pääsuunnittelijan tai sopimuksissa määritellyn muun vastuuhenkilön johdolla ja vastuulla yhdessä suunnitteluryhmän kanssa. Kukin suunnittelija vastaa omien tietomalliensa päivittämisestä, jos muutoksia yhteistarkastelussa ilmenee (YTV 2012, osa 6).

### **3.4.2 Tietomallit määrä- ja kustannuslaskennassa**

Määrälaskennan kannalta keskeisintä on, että tietomallinnus on toteutettu johdonmukaisesti ja käytetty mallinnustapa on dokumentoitu tietomalliselostukseen. Määrälaskennassa periaatteena on, että määrätiedot lasketaan vaiheittain siitä mallista missä tietosisältö on täsmällisin, sillä suunnitteluvaihe ja suunnittelu lohkoittain määrittelevät mallin tarkkuustasoa. Esimerkiksi lohkoittain mallintaessa rakennuksesta voidaan mallintaa tarkemmin yksi kerros, jota hyödynnetään kertoimien avulla muihin kerroksiin. Mallinnuksen edetessä lohkoittain, on erityisen tärkeää, että mallin päivitys tehdään lohkoittain ja asia tulee olla kirjattuna tietomalliselostukseen (YTV 2012, osa 7).

Mallinnuksessa tulee käyttää sellaisia mallinnustyökaluja, joiden avulla pystytään tuottamaan määrälaskennan tarvitsema mittatieto. Jos jokin rakennusosa on mallinnettu

määrälaskennan kannalta väärällä työkalulla, ei näitä määriä ole mahdollista laskea automaattisesti. Tietomallissa olevat tilat, rakennus- ja tekniikkaosat tulee voida tunnistaa yksilöidysti. Selkein tunnistetieto rakennusosissa on rakennetyyppi (YTV 2012, osa 7).

Suoritelaskentaa tehdessä tulee laskijalla olla käytettävissä arkkitehdin rakennusosamalli, taloteknisen suunnittelun järjestelmämalli, rakennesuunnittelun hankintoja palveleva rakennemalli sekä toteutussuunnitelman rakennemalli. Malleista lasketaan tuotantonimikkeistön mukaan rakennus- ja taloteknisten osien määrät tuoterakenteineen työsuoritteiden määrittämistä varten. Esimerkiksi anturoiden raudoituksen määrä voidaan laskea suoraan mallissa olevista raudoitusobjekteista tai ne voidaan johtaa anturaa esittävien objektien tilavuuden perusteella ( $\text{kg/m}^3$ ) (YTV 2012, osa 7).

Mallista laskettavat määrät tulee olla jaoteltuina sijainneittain, kuten esimerkiksi lohkoittain, kerroksittain tai osaprojekteittain. Sijainneittain jaoteltuja rakennusosia voidaan hyödyntää hankinnoissa ja rakentamisen aikataulun suunnittelussa (YTV 2012, osa 7).

Yleisesti laskija suorittaa määrien laskennan, jonka perusteella lasketaan kustannusarvion TALO80-nimikkeistön mukaiset pääryhmät 1-7, joita ovat maa- ja pohjarakennus, perustukset, runko- ja vesikatto, täydentävät rakenteet, pintarakenteet, kalusteet ja varusteet sekä konetekniset työt. Alustavien tuotantosuunnitelmien pohjalta lasketaan pääryhmät 8-9, joita ovat työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset. Lisäksi rakennuttajapäällikkö laskee pääryhmän 0, rakennuttajan kustannukset (Enkovaara et. al. 2006).

## **3.5 Rakentaminen**

Rakentamisvaiheessa rakennetaan suunniteltu kohde. Rakentamisen aikana toteutettavia suunnittelutehtäviä ovat täydentävien suunnitelmien laatiminen sekä rakennustyön valvonta ja urakoitsijoiden ja tavarantoimittajien tuotantosuunnitelmien tarkastaminen. Urakoitsijan tehtävänä on rakennustöiden organisointi, aikataulujen sekä muiden rakennustuotannon suunnitelmien laadinta (Kankainen & Junnonen 2001; RT 10-10387 1989; RT-1010827 2004 ).

### **3.5.1 Rakennustuotannonsuunnittelu ja -ohjaus**

Rakentamisen onnistuminen edellyttää tuotannonsuunnittelua, -ohjausta ja valvontaa asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi. Tuotannon ohjaus perustuu tuotantosuunnitelmiin ja niiden avulla johtamiseen. Tuotannonsuunnittelu on jatkuvasti tarkentuva ja järjestelmällisesti etenevä ketju ja sitä tehdään säännöllisesti työmaan toteutusta aloittaessa, tiettyjä rakennusvaiheita aloittaessa, yksittäistä tehtävää aloittaessa sekä työn etenemisen ja ongelmien ratkaisemisen varmistamiseksi. (Koski et. al. 2010)

Keskeisin osa tuotannonsuunnittelua on ajallinen suunnittelu- ja ohjaus. Tuotannon ajallisen ohjauksen tuotoksena alustava yleisaikataulu, tarkennettu yleisaikataulu sekä työ- ja viikkoaikataulut (Koskenvesa & Sahlstedt 2013).

Työmaasuunnitelma tai aluesuunnitelma on esitys, kuinka työmaatoiminnot sijoitetaan rakennuspaikalle. Aluesuunnitelma on työmaan sisäisten ja ulkoisten logistiikkajärjestelyiden sekä työ- ja turvallisuusjärjestelyiden tiedonvälitysväline hankkeessa toimiville. Se laaditaan vähintään maanrakennus-, perustus-, runko- ja sisätyövaiheissa ja sitä päivitetään aina tarvittaessa (Ratu C2-0299 2007).

Rakentamisen valmistelu- ja rakentamisvaiheessa tietomalleja hyödynnetään esimerkiksi

- yleiseen rakentamisaikaiseen koordinointiin ja tiedonvaihtoon
- määrien laskentaan hankinnoissa
- tuotannon aikataulutuksessa
- työjärjestyksen suunnittelussa,
- eri suunnittelualojen mallien yhdistämiseen ja asennusjärjestyksen ohjaamiseen
- työmaa-alueen käytön suunnitteluun.

Tuotannon kannalta oleellista on mallien oikeellisuus. Mallit tulee olla laadittu teknisesti oikein, tarkastettu tarvittavien osapuolien toimesta ja sovitettu yhteen eri suunnittelualojen kanssa. Tietomallit eivät korvaa piirustuksia tai muita suunnitelma-asiakirjoja, mutta oleellista on, että tietomallit ja muut suunnitelmat ovat sisällöltään yhteneviä (YTV 2012, osa 13).

### **3.5.2 Asukasmuutosten hallinta**

Asuntokohteissa rakentajalle eräänä tärkeänä tiedonlähteenä toimivat asiakkaat, joiden mahdollisuutta vaikuttaa ostamansa asunnon materiaaleihin ja ratkaisuihin voidaan tänä päivänä pitää perusolettamuksena. Asukasmuutokset ovat rakennusliikkeille asiakaspalvelua, jolla ne voivat erottautua kilpailussa tarjoamalla asiakkaalle laajemman mahdollisuuden muokata asunnostaan yksilöllisen. Asukasmuutosten hallinta painottuu niiden estämisen sijasta muutosten ennakointiin. Esimerkiksi kevyitä muutoksia kuten kalustemuutoksia pyritään rajaamaan tarjoamalla asiakkaalle valmiita valintapaletteja. Asukasmuutokset ovat tiedostettu osa rakennusprojektia, mutta huonosti ennakoituna ne voivat aiheuttaa häiriöitä suunnitteluun ja tuotantoon (Latva-Mäenpää 2013).

Tietomalleja on mahdollista hyödyntää asukasmuutoksissa muun muassa visuaalisena työkaluna sekä kommunikoinnissa tuotannon, suunnittelun ja asiakkaan välillä. Tietomallinnettavassa asuntohankkeessa muutostöiden päivitys suunnitelmiin ja tietomalliin tulee suorittaa jatkuvasti (Latva-Mäenpää 2013).

## 4 CASE-PROJEKTIN TARKASTELU ARKKITEHDIN MALLIN LAADUN JA VALMIUDEN NÄKÖKULMASTA

Kohdeyrityksessä tietomallien käyttö pääkaupunkiseudulla on ollut arkipäivää jo useamman vuoden ajan omaperusteisissa asuntohankkeissa. Pääkaupunkiseudun asunto-kohteista mallinnetaan nykyisin kaikki hankkeet.

Kohdeyrityksen alueyksikössä tietomalleja on hyödynnetty vähemmän kuin pääkaupunkiseudulla. Alueyksikön tietomallihankkeen ovat koostuneet urakkakilpailun kautta toteuttavasta toimitilahankkeista. Näissä projekteissa tietomalleja on käytetty pääsääntöisesti määrälaskentaan, havainnollistamiseen ja tuotannon suunnitteluun muutaman vuoden ajan. Perustajaurakoitavissa asuntohankkeissa tietomallien käyttö on alueyksikössä ollut vielä vähäistä, mutta kohdeyrityksen strategiassa tulevat asuntohankkeet toteutetaan tietomallintamalla.

### 4.1 Case-projektit

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan kahta eri case-projektia, jotka sijaitsevat pääkaupunkiseudulta. Projektit ovat eri vaiheissa ja niitä tarkastellaan arkkitehtisuunnittelun kannalta. Hankkeeseen liittyviä henkilöitä on haastateltu sekä on käyty läpi case-projektien suunnitelma-aineisto, laaditut arkkitehdin tietomallit ja yhdistelmämallit, sekä kokousdokumentaatio. Lisäksi case-projektissa 2 on osallistuttu suunnittelukokoukseen, josta on tehty havaintoja.

Tutkimuksen aikana on myös hyödynnetty tietoa alueyksikön vastuulle kuuluvan asuntohankkeen suunnittelun hankinnasta. Kyseisessä projektissa on aloitettu hankesuunnitelman laadinta ja ensimmäisessä vaiheessa tehdään tontinkäyttösuunnitelma. Projektiin valittiin arkkitehti, joka tekee ensimmäisen vaiheen luonnokset tietomallintaen. Projekti on kyseisessä alueyksikössä ensimmäinen omaperusteinen asuntokohde, jonka suunnittelu toteutetaan tietomallintamalla. Tutkimuksen haastattelukysymykset ovat esitetty liitteissä 1-4 ja ne ovat jaoteltu neljään aihepiiriin:

1. Kysymykset suunnittelunohjaukseen
2. Kysymykset laskentaan
3. Kysymykset rakennustuotantoon
4. Kysymykset arkkitehdille

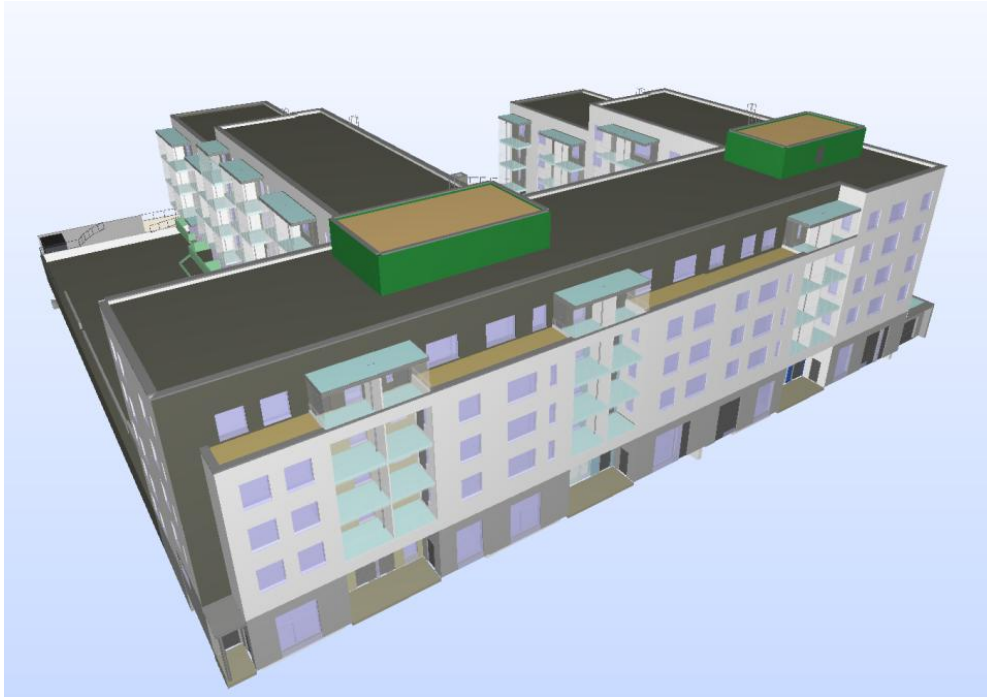
Kohdeyrityksellä on olemassa apuvälineitä, joita hyödyntäen case-projektien 1 ja 2 suunnittelusopimukset ovat laadittu. Projektien suunnitteluun on sisällytetty tietomallinnustehtävät. Lisäksi molemmissa projekteissa arkkitehti toimii kohteiden pääsuunnittelijana ja heidän tehtäviinsä on sisällytetty tietomallien yhteensovittaminen ja laadunvarmistus. Molemmissa projekteissa suunnittelijoilla on ollut käytössä kohdeyrityksen antamat suunnitteluohjeet sekä kerrostalokonseptin mukaiset rakennekirjastot ja tyyppileikkaukset (Suunnitelma-aineisto; Haastattelu 1).

Case-projekti 1 sijaitsee Espoossa ja koostuu kolmesta porrashuoneesta, joissa on yhteensä 85 asuntoa. Lisäksi kellarikerrokseen on sijoitettu autopaikat. Projekti on tutkimusta tehdessä rakentamisvaiheessa ja rakennustyöt ovat edenneet sisävalmistusvaiheeseen. Kuvassa 11 on esitetty yleisnäkymä case-projektin 1 arkkitehdin IFC-tietomallista



**Kuva 11** Case-projekti 1: Yleisnäkymä arkkitehdin tietomallista. Kuva otettu Solibri Model Checker-ohjelmasta.

Case-projekti 2 sijaitsee Espoossa ja se koostuu kahdesta 4-5 kerroksisesta kerrostalosta joissa on yhteensä 129 asuntoa. Lisäksi autopaikat ovat sijoitettu talojen ja pihakannen alle. projekti on edennyt diplomityötä tehdessä toteutussuunnitteluvaiheeseen ja projektille on myönnetty rakennuslupa. Kuvassa 12 on esitetty yleisnäkymä case-projektin 2 arkkitehdin IFC-tietomallista.

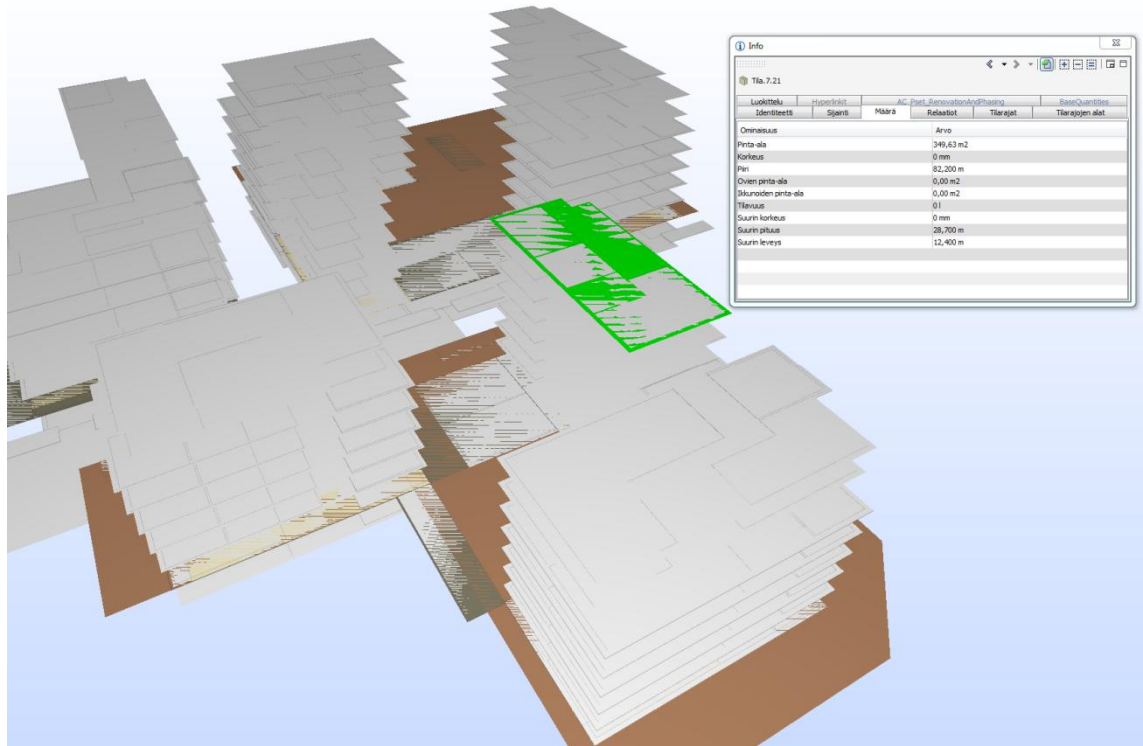


***Kuva 12** Case-projekti 2: Yleisnäkymä arkkitehdin tietomallista. Kuva otettu Solibri Model Checker-ohjelmasta.*

## **4.2 Arkkitehtimallit tarveselvitysvaiheessa**

Kohdeyrityksen asuntohankkeissa suunnittelu toteutetaan tietomallipohjaisesti ja arkkitehdit tuottavat tarveselvitysvaiheessa tilaajan päätöksenteon tueksi informaatiota taulukkomuodossa (Haastattelu 1). Kuten kappaleessa 3.1.1 on esitetty, tarvittavat tiedot taulukoihin voidaan tuottaa tilaohjelmasta, joka voidaan esittää esimerkiksi arkkitehdin laatimasta karkeasta tietomallista, jossa on esitetty vyöhykkeinä tai tiloina objektit, jotka sisältävät tiedot esimerkiksi kerrostasoaloista, huoneistoaloista ja bruttoalasta (YTV 2012, osa 3). Kuvassa 13 on esitetty eräästä projektista tarveselvitysvaiheen tietomallista, jossa tilat on hahmoteltu tilaobjekteilla. Tarveselvitysvaiheessa tietomallipohjaisen tarkastelun tuloksena voidaan saada esimerkiksi kohteen massoittelua, sijainti ja korkeusasema tontilla sekä sijainti suhteessa katuverkostoon (Haastattelut 1 ja 4).





**Kuva 13.** Erään case-projektin tarveselvitysvaiheen tilamallista otettu kuvakaappaus. Kuva otettu Solibri Model Checker-ohjelmasta.

Suuremmissa hankekokonaisuuksissa voidaan tarvittaessa luoda lähialueen rakennuksista ja kaduista havainnollistava aluetietomalli, jonka tarkkuudeksi riittää, että ympäröiviä rakennuksia kuvaavat objektit vastaavat geometrialtaan ja sijainniltaan todellisuutta. Hankkeet, joihin liittyy saneerausta, voidaan tehdä olemassa olevista rakenteista inventointimalli (YTV 2012 osat 2 ja 3; Haastattelut 1 ja 4).

#### 4.2.1 Tarveselvitysvaiheen arkkitehdin tietomallinnustehtävät case-projekteissa

Haastateltujen arkkitehtien sekä suunnittelunohjaajien mukaan case-projekteissa 1 ja 2 ovat arkkitehtitoimistot olleet mukana jo luonnostelemassa hankkeita niiden tarveselvitysvaiheissa. Case-projektien arkkitehdit totesivat haastatteluissa, että luonnoksia on alusta lähtien tehty tietomallintaen ja tilaajan vaatimat laajuustiedot taulukoihin ovat tuotettu tietomalleista. Tietomalleja ei ole erikseen toimitettu tässä yhteydessä tilaajalle, vaan päätöksen teon tukena on suunnittelunohjauksessa hyödynnetty suunnittelijan ilmoittamia tunnuslukuja sekä 2D luonnoksia (Haastattelut 1 ja 4).

### 4.3 Arkkitehtimallit hankesuunnitteluvaiheessa

Kuten tarveselvitysvaiheessa, niin myös hankesuunnitteluvaiheen päätöksenteko perustuu kannattavuuslaskelmiin, jonka tunnusluvut tuotetaan tietomallipohjaisen suunnittelun tuotoksena (YTV 2012 osat 3 ja 10). Arkkitehdit voivat tuottaa tarvittavia tunnuslu-

kuja esimerkiksi Graphisoft ArchiCAD-ohjelmistolla hyödyntämällä ohjelmiston vyöhyketyökalua, jolla luodaan luonnosteltujen rakenteiden mukaan tarvittavia laajuustietoja sisältäviä vyöhykeobjekteja. Tarvittavia vyöhykkeitä voidaan luoda tarvittaessa useampia päällekkäisiä siten, että kullakin vyöhykkeellä ilmaistaan tiettyä haluttua tilaohjelman mukaista laajuustietoa. Laadituista vyöhykkeistä voidaan tulostaa tarvittavia laskelmia, joita hyödynnetään tilaajan vaatimissa kannattavuuslaskelmissa (Kärnäkoski 2015; Haastattelu 4).

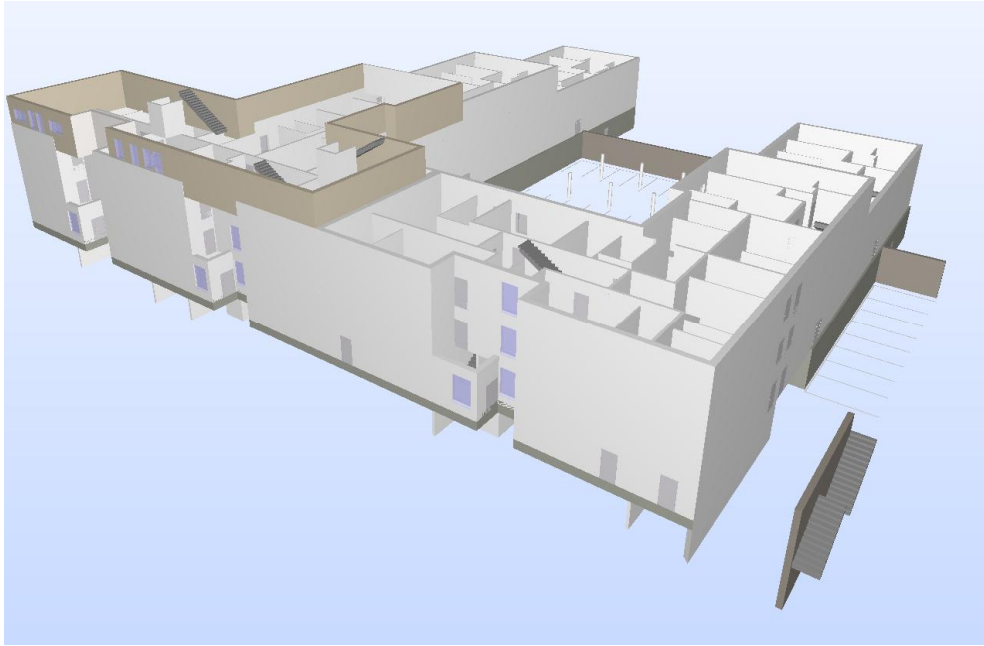
Suunnittelunohjauksesta vastaavat henkilöt sekä arkkitehdit totesivat haastatteluissa, että hankesuunnitteluvaiheessa tietomallien hyödyntäminen esimerkiksi visualisoinnissa on ollut heidän kokemuksien mukaan vähäistä. Arkkitehdit tuottavat tarvittavat laajuustiedot tietomallista, mutta tietomallin jakaminen hankesuunnitteluvaiheessa muille osapuolille on ollut harvinaista. Suunnittelunohjausta tekevät henkilöt kokivat helpompana tarkastella A3-kokoon tulostettuja paperisia luonnoksia, kuin tietomalleja (Haastattelut 1 ja 4).

Kuten kappaleessa 3.2.1 on esitetty, asuntokohteille on mahdollista suorittaa olosuhdeanalyyskejä. Toisin kuin kappaleessa 3.2.1 on esitetty, kohdeyrityksessä energiaanalyyskejä ei pääsääntöisesti tehdä vielä hankesuunnitelmavaiheessa, vaan ne tehdään yleensä niillä luonnoksilla, jotka on jo hyväksytty (YTV 2012, osat 3 ja 10; Haastattelu 1). Kohdeyrityksessä olosuhdeanalyysit ovat yleensä laadittu arkkitehdin tuottamasta kaksikulotteisesta dwg-piirustuksesta ja analyysin tekijä syöttää tarvittavat tiedot IDA ICE -ohjelmistoon itse. Kohdeyrityksen energiainsinöörin haastattelusta ilmeni, ettei hänellä ole ollut kohdeyrityksen asuntohankkeissa kokemusta sellaisesta hankkeesta, joissa ylälämpötila-analyysia varten olisi tietomallia voitu hyödyntää sellaisenaan (Haastattelu 1).

#### **4.3.1 Hankesuunnitteluvaiheen tietomallinnustehtävät case-projekteissa**

Case-projekteissa 1 ja 2 arkkitehdit ovat tehneet myös hankesuunnittelun aikana luonnoksia tietomallipohjaisesti ja kannattavuuslaskelmissa käytettäviin taulukoihin on tuotettu tiedot tietomalleista, mikä vastaa kappaleissa 2.2.2 ja 2.2.3 esitettyjä suunnittelijan toimintatapoja tietomallipohjaisessa suunnittelussa (Haastattelu 4; Eastman et al. 2011; RT 10-10992, 2010). Laadittujen taulukoiden lisäksi päätöksenteossa on hyödynnetty tarveselvitysvaiheen tapaan paperille tulostettuja luonnospiirustuksia (Haastattelu 1).

Kuvassa 14 on esitetty kuvakaappaus case-projektin 2 hankesuunnitteluvaiheen arkkitehdin tietomallista, joka on saatu jälkikäteen haastatteluiden yhteydessä. Mallissa on esitetty muun muassa ulko- ja väliseinät ja ne on tyypitetty kohdeyrityksen rakennustyyppien mukaisesti. Mallissa ei ole vielä välipohjia, sillä jo pelkkien seinien avulla saadaan hankesuunnitteluvaiheessa esitettävät pohjapiirros- ja julkisivuluonnokset (Haastattelu 4).



**Kuva 14.** Kuvakaappaus Case-projektin 2 hankesuunnitteluvaiheen arkkitehdin IFC-mallista Solibri Model Checker –ohjelmasta (Haastattelu 4)

Kummallekin case-projektille on laadittu ylälämpötila-analyysit kohdeyrityksen energia-insinöörin toimesta. Case-projektissa 2 arkkitehti toimitti kyseistä analyysia varten ensin tietomallin IFC-muodossa, mutta analyysin tekijä ei saanut kyseistä tietomallia toimimaan IDA ICE –ohjelmistossa, eikä onnistunut tietomallia kyseisen analyysin laadinnassa hyödyntämään. Tästä johtuen arkkitehti toimitti tarvittavat tiedot myös 2D dwg-muodossa. Lopulta kummankin case-projektin ylälämpötila-analyysit ovat laadittu dwg-tiedostojen pohjalta (Haastattelu 1 ja 4). Arkkitehdin haastattelun mukaan he koittivat löytää syytä miksi case-projektin 2 ylälämpötila-analyysia varten toimitetusta IFC-malli ei ollut yhteensopiva IDA ICE –ohjelmistossa. Yhdeksi syyksi hän epäili myöhemmin analyysin laadinnan jälkeen havaittua seinien epäjatkuvuuskohtaa (Haastattelu 4).

#### 4.4 Arkkitehtimallit suunnitteluvaiheessa

Kohdeyrityksessä suunnittelun hankinnassa hyödynnetään yleisesti tietomallipohjaisia apuvälineitä. Suunnittelunohjauksesta vastaavat henkilöt sekä case-projektien arkkitehdit kokivat, että kyseisten apuvälineiden avulla saadaan hyvät lähtötiedot arkkitehtimallin tietosisällön luomiseen kohdeyrityksen käyttötarkoituksen näkökulmasta (Haastattelut 1 ja 4).

Kohdeyrityksen asuntohankkeissa suunnittelupalveluiden kuten esimerkiksi arkkitehdin ja pääsuunnittelijan toimeksiannossa lähtökohtana on aina kappaleessa 3.3.1 esitettyjen määräysten ja lakien täyttämät suoritukset, jonka lisäksi toimeksiannossa huomioidaan tietomallinnuksen erityispiirteet (MRL 5.2.1999/132, § 120; RakMK A2). Pääsuunnittelijan toimeksiannossa ei käsitellä erikseen tietomallikoordinaattorin tehtäviä, vaan läh-

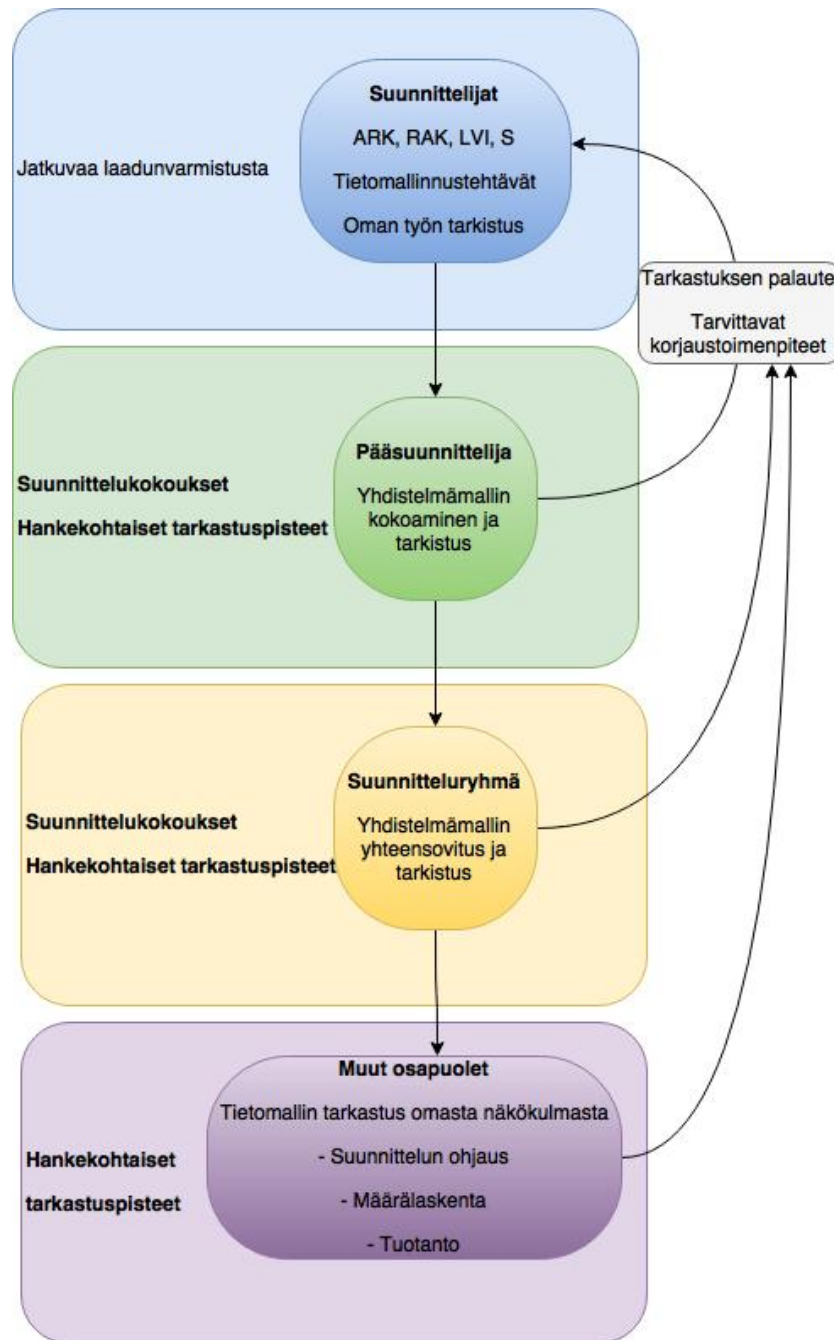
tökohtana on edellä mainitut pääsuunnittelijaa koskevat määräykset ja lait. Useasti asun-tohankkeissa arkkitehdille annetaan tehtäväksi toimia hankkeen pääsuunnittelijana (Haastattelu 1). Näin ollen arkkitehdin ja pääsuunnittelijan toimeksianto noudattaa kappaleessa 3.1.1 esitettyjä vaatimuksia.

Kuten kappaleessa 2.1 ja taulukossa 1 esitetään, on tietomallihankkeen onnistumisen edellytyksenä, että suunnittelutiimi toimii hankkeessa yhtenäisenä joukkona, jonka toimintatapa on avointa, yhteistyöhön perustuvaa ja tietoa jaetaan hankkeessa avoimesti kaikille (RT 10-10992, 2010; AIA 2012). Pääsuunnittelijan lisäksi hankkeen jokaisella osapuolella on keskeinen rooli tietomallinnuksessa. Kohdeyhteyksessä on käytettävissä suunnittelun organisointiin ja käynnistämiseen apuvälineitä, joiden avulla hankkeen tietomallinnustehtävät sovitaan ja vastuutetaan (Haastattelu 1).

Yksi keskeinen piirre tietomallihankkeissa on, että eri osapuolten välinen tiedon siirto tapahtuu tietomallipohjaisesti, digitaalisesti ja virtuaalisesti. Esimerkiksi suunnittelukousten yhteydessä on mahdollista hyödyntää tietomalleja havainnollistamiseen ja kommunikointiin (RT 10-10992, 2010; AIA 2012). Arkkitehti totesi haastattelussa, että eräissä tietomallihankkeissa, on tietomalleja hyödynnetty suunnittelijoiden välisessä kommunikoinnissa. Eri suunnittelijoiden välillä lähettyihin tietomalleihin on kirjoitettu kommentteja ratkaistavista suunnitteluasioista, joihin toinen suunnittelija on voinut kommentoida tai kuitata suunnitteluratkaisun valmiiksi. Tällainen toiminta vastaa kappaleessa 2.1. sekä kuvassa 2 (sivu 4) esitettyä tietomallihankkeen tehokasta tiedon jakamista eri osapuolten välillä. Toinen arkkitehdin hyväksi kokema toimintatapa on ollut erilaiset videopalaverit, joissa tietomallia käydään läpi videoneuvottelun yhteydessä (Haastattelu 1).

Kuten perinteisesti dokumenttipohjaisesti toteutetussa suunnittelussa, myös tietomallipohjaisessa suunnittelussa laadunvarmistus sisältyy kunkin suunnittelijan tehtäviin koko suunnitteluprosessin ajan. Tietomallipohjaisessa laadunvarmistuksessa on mahdollista laatia automaattisten yhteensovitus- ja tarkastelutyökalujen avulla (Eastman et al 2011; YTV 2012, osa 6). Suunnitelmien laadunvarmistusta on käsitelty tarkemmin kappaleissa 2.2.2 sekä 3.4.2. Laadunvarmistukseen keskeisesti liittyvä dokumentti on tietomalliselostus, jota suunnittelijoiden tulee päivittää suunnittelun edetessä sekä tietomallin tarkastusten yhteydessä (YTV 2012, osa 6). Laskennasta vastaavan henkilön mielestä tietomalliseloste on tärkein dokumentti määrälaskennan kannalta ja sen sisältöön tulisi jatkossa kiinnittää enemmän huomiota (Haastattelu 4).

Lisäksi tietomallin tarkastuksesta tulee aina laatia raportti, jossa on esitetty laadunvarmistuksessa tarkastetut kohdat ja näiden tila. Yleisten tietomallivaatimusten 2012, osan 6 laadunvarmistus mukainen arkkitehtimallin tarkastuslomake on esitetty liitteessä 6.



**Kuva 15.** Laadunvarmistuksen prosessi (Muokattu soveltaen YTV 2012, osa 6 sisällöstä)

Laskennalle, suunnittelunohjaukselle ja arkkitehdeille suoritetuista haastatteluista ilmeni, että kohdeyrityksessä tietomallien laadunvarmistus on kaikkien kyseisten haastattelujen osapuolten mukaan kunkin suunnittelijan vastuulla oleva toimenpide ja, että suunnittelijat ovat aina vastuussa toimittamistaan suunnitelmista (Haastattelu 1, 2 ja 4). Arkkitehti ja laskenta toivoivat lisäksi haastatteluissa, että tietomallille tehtäisiin myös muiden osapuolten toimesta tarkastuksia, jolloin puutteet olisivat helpommin havaittavissa aikaisessa vaiheessa (Haastattelut 2 ja 4).

Yleisissä tietomallivaatimuksissa 2012 on esitetty laadunvarmistukseen liittyen, että laadunvarmistusprosessissa suunnittelija, suunnitteluryhmä ja tilaaja tekevät tietomallin laadunvarmistusta, sillä jokaisella osapuolella on oma näkökulma tarkasteltaviin asioihin. Laadunvarmistuksen prosessi on esitetty kuvassa 15 (YTV 2012, osa 6).

Kappaleissa 2.2.1 ja 2.2.3 on käsitelty tietomallintamisen etuja urakoitsijalle. Näiden kappaleiden yhteydessä esitetään, että manuaalisesti suoritettava määrälaskenta on aikaa vievä, virheherkkä ja kallis työvaihe, joka jätetään yleensä tehtäväksi suunnitteluprosessin loppuvaiheeseen. Vastaavasti tietomallipohjaisessa määrälaskennassa on saatavissa tarkasti laskettavia ja luotettavia määräluetteloita, mikä mahdollistaa nopeamman määrälaskennan useammassa eri vaiheessa (Eastman et al 2011).

Suunnittelunohjauksesta ja laskennasta vastaavien haastateltujen henkilöiden kokemusten mukaan kannattavuuslaskelmat on laadittu arkkitehdin tuottamien laajuustietojen ja 2D-luonnosten pohjalta. Kannattavuuslaskennan on suorittanut suunnittelun ohjauksesta vastaavan henkilö. Vastaavasti hankkeiden määrälaskenta on suoritettu rakennuslupavaiheessa ja määrälaskenta tilataan kohdeyrityksen ulkopuoliselta määrälaskijalta. Hyödyntävätkö ulkopuoliset määrälaskijat tietomalleja, ei ollut haastateltavien tiedossa. (Haastattelu 1 ja 2).

#### **4.4.1 Suunnitteluvaiheen tietomallinnustehtävät case-projekteissa**

Tutkimuksessa tarkasteltavissa case-projekteissa on arkkitehtien toimeksiannot toteutettu kohdeyrityksen edellisessä kappaleessa mainittuja apuvälineitä hyödyntäen. Kummassakin projektissa on arkkitehtien toimeksiantoihin sisällytetty myös pääsuunnittelijoiden tehtävät (Haastattelu 1 ja 4).

Case-projektissa 1 arkkitehdillä oli haastattelun mukaan selvillä, että hänelle kuuluu pääsuunnittelijana suunnitelmien yhteensopivuuden varmistaminen ja sitä kautta myös yhdistelmämallin kokoaminen ja eri suunnittelualojen tietomallien yhteensovittaminen (Haastattelu 4). Kyseisessä projektissa ei ole pidetty erikseen tietomallinnuksen aloituspalaveria, mikä poikkeaa kohdeyrityksen normaalista toimintatavasta tietomallihankkeiden johtamisessa (Haastattelu 1 ja 4).

Case-projektissa 2 arkkitehdin haastattelun mukaan yhteistyö eri suunnittelijoiden välillä on ollut sujuvaa. Projektissa on hyödynnetty suunnittelijoiden välisessä tiedonvälityksessä BFC-muotoa, mutta kyseistä tiedonvälitysmuotoa ei ole hyödynnetty tiedonvälityksessä kohdeyrityksen kanssa. Arkkitehti totesi kuitenkin haastattelussa, että hankkeen aikana hän on kokenut epätietoisuutta siitä, kenen vastuulla suunnitteluryhmän johtaminen on. Haastattelun yhteydessä ilmeni, että hankkeen tietomallinnuksen aloituspalaverissa oli arkkitehtitoimistosta paikalla alkuperäinen pääsuunnittelija, joka on jäänyt hankkeen aikana eläkkeelle. Haastateltava arkkitehti totesi, että tästä aiheutui informaatiokatkoksia, kuten esimerkiksi tietomallinnuksen aloituspalaverissa sovittujen asioiden eteenpäin välittäminen. Arkkitehdin mielestä tietomallinnuksen aloituspalave-

riin tulee osallistua aina ne osapuolet, jotka hankkeen tietomallinnuksesta todellisuudessa vastaavat (Haastattelu 4).

Tutkimuksen aikana osallistuttiin case-projektin 2 suunnittelukokoukseen, jonka yhteydessä suoritettiin eri suunnittelualojen tietomallien yhteensovitusta. Rakenne-, LVI- ja sähkösuunnittelija toimittivat kukin yhden ennalta sovitun mallikerroksen IFC-muodossa arkkitehdille, joka laati Solibri Model Checker –ohjelmistolla yhdistelmämallin. Tämän lisäksi arkkitehti suoritti ennen suunnittelukokousta silmämääräistä yhdistelmämallin tarkastusta ja listasi havaintoja yhdistelmämallin muistioon. Tämä oli kyseisessä hankkeessa ensimmäinen kerta, kun suunnittelukokouksissa tarkasteltiin tietomallia kokouksen aikana. Yhdistelmämallista havaittuja ristiriitoja kirjattiin myös kokouksen aikana yhdistelmämallin muistioon (Haastattelut 1 ja 4; Suunnitelma-aineisto).

Case-projektien suunnitteluvaiheisiin osallistuneiden haastateltavien henkilöiden mukaan tietomalleja on käsitelty suunnittelukokouksissa vähäisesti, eikä niitä ole esitelty esimerkiksi seinällä tai näytöllä kaikkien nähtävänä, vaikka kohdeyrityksessä resurssit ja laitteet tähän ovat olemassa (Haastattelu 1 ja 4).

Tutustuttaessa case-projektien suunnitelma-aineistoon nousi esille, että kummassakaan projektissa alkuvaiheen arkkitehtimalleja ei ole ollut muiden osapuolten käytössä, vaan suunnitelma-aineistot olivat tietomallista tulostettuja perinteisiä piirustuksia (Haastattelu 1 ja 4; Suunnitelma-aineisto). Tämä löydös on ristiriidassa kirjallisuudesta havaittujen löydösten kanssa, joiden mukaan tietomallipohjaisessa hankkeessa osapuolten välinen tiedonsiirron tulisi olla avointa ja tietomallipohjaista (RT 10-10992, 2010; AIA 2012). Lisäksi projekteissa ei ollut saatavilla arkkitehtien laatimia tietomalliselostuksia, jotka ovat keskeisiä dokumentteja tietomallin tietosisällön kannalta (Haastattelut 1 ja 4; Suunnitelma-aineisto; YTV 2012, osa 6).

Kummankin case-projektin arkkitehdit sanoivat, että projekti tietomallien laadunvarmistus on ollut silmämääräisiin havaintoihin perustuvaa, eikä heillä ole käytännön kokemusta ohjelmistojen automaattisten yhteensovitus- ja tarkastustyökalujen hyödyntämisestä. Heidän mielestään tässä kohtaa heidän omissa toimintatavoissa on kehityksen mahdollisuus, sillä kyseisillä työkaluilla on mahdollista suorittaa tarkastusta nopeasti ja systemaattisesti (Haastattelu 4). Erillistä tietomallin tarkastusraporttia tai –lomaketta ei ole case-projekteissa laadittu arkkitehtien toimesta. Suunnittelun ohjauksesta vastaava henkilö puolestaan totesi, että pääsääntöisesti on tarkasteltu suunnitteluvaiheen tuotoksia perinteisistä piirustusdokumenteista, jotka ovat tulostettu tietomallista. Case-projektien tietomalleille ei ole tehty erillistä tarkastusta (Haastattelu 1). Automaattisten yhteensovitus- ja tarkastustyökalujen hyödyntäminen laadunvarmistuksessa on kirjallisuudessa esitettyjen tietojen mukaan keskeinen keino tehostaa laadunvarmistusta (Eastman et. al. 2011; YTV 2012, osa 6).

Case-projektien suunnitteluvaiheessa suoritettavat kannattavuuslaskelmat ovat toteutettu kohdassa 5.3. esitettyä toimintatapaa, eikä projektien tietomalleille ole tehty tarkastusta laskennan toimesta (Haastattelut 1 ja 2). Tämä poikkeaa kirjallisuudesta tehdyistä löydöksistä, joiden mukaan tietomallipohjaista määrälaskentaa tulisi hyödyntää myös kannattavuuslaskelmien teossa (Eastman et al. 2011; YTV 2012, osa 7).

#### 4.4.2 Suunnitteluvaiheen jatkoselvityksaiheet

Case-projekteista ja haastatteluista tehtyjen löydösten mukaan kohdeyrityksen perustajaurakoitavien asuntohankkeiden suunnitteluvaiheen tietomallinnustehtävissä on kehittymismahdollisuuksia seuraavissa asioissa:

1. Tietomallinnuksen aloituspalaveri
2. Tietomallipohjainen tiedonsiirto
3. Tietomallinnuksen laadunvarmistus
4. Tietomallien hyödyntäminen kannattavuuslaskelmissa

Kuten kappaleessa 2.2 on esitetty, on tietomallintaminen tehokastapa organisoida ja hallita rakennushankkeen tiedonhallintaa, kunhan osapuolten välinen yhteistoiminta tietomalleilla on sovittu etukäteen (RT 10-10992; AIA 2012; Smith & Tardif 2009). Asuntohankkeessa tehokas tapa sopia kyseisestä yhteistoiminnasta on pitää tietomallinnuksen aloituspalaveri. Jokainen haastateltu osapuoli oli yhtä mieltä siitä, että tietomallintamisen aloituspalaveriin tulee aina osallistua kyseisessä hankkeessa tietomallinnusta tekevät ja hyödyntävät osapuolet. Tietomallintamisen aloituspalaveriin tulisi aina osallistua arkkitehtitoimistosta pääsuunnittelijan lisäksi kaikki projektiin liittyvät suunnittelijat. Lisäksi aloituspalaveriin tulee osallistua kaikki tiedossa olevat erikoisalojen suunnittelijat sekä kohdeyrityksen omalta laskenta- ja tuotanto-osastolta henkilöt, jotka projektin tietomallia hyödyntävät työssään (Haastattelut 1-4).

Tietomallihankkeen kaikkia osapuolia tulee kannustaa voimakkaasti tietomallipohjaiseen tiedonsiirtoon osapuolten välillä, sillä tietomallipohjainen tiedonsiirto on avoimempaa, jatkuvampaa sekä tehokkaampaa verrattuna perinteiseen suunnittelupohjaiseen tiedonsiirtoon (Smith & Tardif 2009).

Tietomallinnuksen laadunvarmistus ja tiedon kulku eri osapuolten välillä ovat keskeisiä tietomallinnuksen etuja, joita kirjallisuudessa esitetään. (Eastman et al. 2011). Tietomallin laadunvarmistuksessa tulee selvittää mahdollisuuksia hyödyntää automaattisten tarkastelu- ja yhteensovitus työkalujen käyttömahdollisuuksia, joiden avulla suunnittelijat voivat suorittaa systemaattisesti oman suunnitelmansa sisältöä. Lisäksi yhdistelmämallista voidaan suorittaa automaattisesti törmäystarkasteluja. Kyseiset tarkastelut on helppo raportoida muille tarvittaville osapuolille (Eastman et al. 2011). Tietomallin laadunvarmistus tulee suorittaa kaikkien osapuolten toimesta omasta näkökulmastaan. Lisäksi hankkeissa tulee määritellä suunnittelijoiden säännöllisesti tehtävän laadunvarmistuksen lisäksi erilliset tietomallin tarkastuspisteet, joita ovat esimerkiksi suunnittelukokoukset.



Laadunvarmistuksen yhteydessä suunnittelijoiden tulee aina päivittää tietomalliselostuksensa sekä suoritettua tarkastuksesta tulee laatia raportti, jossa esitetään tarkastettujen osien tila (YTV 2012, osa 6). Haastatteluiden perusteella tietomallintarkastusraporttia tulee jatkossa kehittää siten, että sen avulla voidaan valvoa suunnitelmien todellista tilannetta (Haastattelu 2)

Tietomalleja tulee jatkossa hyödyntää laajemmin hankkeen kaikkien kannattavuuslaskelmien yhteydessä, sillä tietomallipohjaisesti tehtävät määrä- ja massaluettelot ovat luotettavia ja nopeita laatia. Lisäksi tietomallista on nopea ja helppo havainnollistaa päätöksentekoon tarvittavia luonnoksia esimerkiksi kohteen sijoittelusta julkisivuista (Eastman et al. 2011).

Taulukossa 3 on esitetty tiivistetysti suunnitteluvaiheen tietomallinnukseen liittyvät kehitettävät aihealueet sekä niihin liittyvät jatkotutkimusaiheet.

***Taulukko 3. Suunnitteluvaiheen jatkokehityksaiheet***

<b>Kehitettävä aihe</b>	<b>Tarvittava jatkoselvitys</b>
Tietomallinnuksen aloituspalaveri	Aloituspalaverin keskeiset osallistujat Keinot ja apuvälineet osapuolten sitouttamiselle
Tietomallipohjainen tiedonsiirto	Kannustaminen kaikkia osapuolia tietomallipohjaiseen tiedonsiirtoon
Laadunvarmistus	Automaattiset yhteensovitus- ja tarkastelutyökalut Tietomallin tarkastuspisteet Laadunvarmistuksen suorittavat osapuolet Laadunvarmistuksen raportti
Tietomallien hyödyntäminen kannattavuuslaskelmissa	Tietomallipohjainen määrälaskenta kannattavuuslaskelmien yhteydessä

## **4.5 Tietomallit rakentamisen valmisteluvaiheessa**

Rakentamisen valmisteluvaiheessa keskeisiin tuotoksiin kuuluvat rakennuslupa-asiakirjat sekä toteutussuunnitelmat ja tietomallihankkeessa rakennuslupa-asiakirjat tuotetaan tietomallista (Kankainen & Junnonen 2001; RT 10-10992, 2010). Rakennuslupahakemukseen liittyvien pääpiirustusten on Suomessa kunkin rakennusvalvontaviranomaisen valmiuden mukaan alettu hyväksymään myös rakennuksen tietomallina (YM3/601/2015). Suunnittelun ohjauksesta vastaavat henkilöt kuitenkin sanoivat haas-

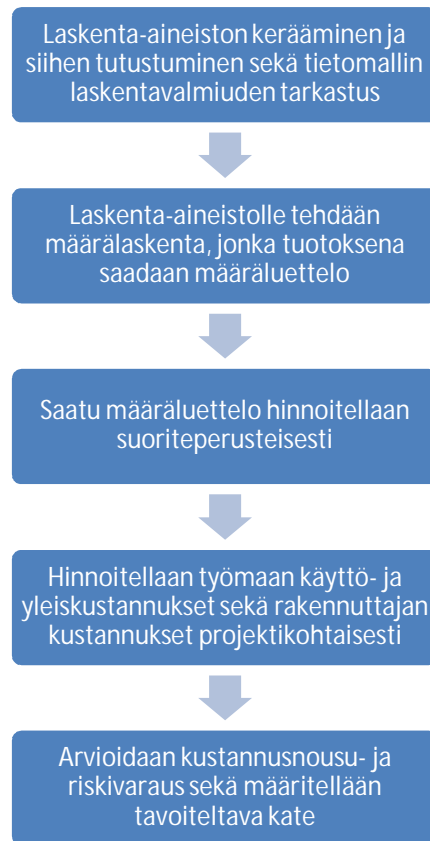
tattelussa, ettei heillä ole ollut vielä kokemusta sellaisesta hankkeesta, jonka rakennuslupahakemuksen liitteenä olisi toimitettu tietomallia (Haastattelu 1).

#### **4.5.1 Suunnitelmakatselmukset**

Rakennuslupavaiheen jälkeen suunnittelua jatketaan edelleen toteutussuunnitteluna, jonka keskeisimpänä tarkastelupisteenä ovat suunnitelmakatselmukset (Kankainen & Junnonen 2001). Suunnitelmakatselmus on yksi tapa tehdä suunnitelmille laadunvarmistusta, jota on käsitelty aikaisemmissa kappaleissa. Kohdeyrityksessä on haastatteluiden perusteella olemassa apuvälineitä suunnitelmakatselmuksiin, mutta suunnittelun ohjauksesta vastaava henkilö koki, että apuvälineissä ei ole huomioitu tarpeeksi tietomalliin liittyviä näkökulmia. Lisäksi hän kokemuksen mukaan suunnitelmakatselmuksissa ei ole tarkasteltu erikseen tietomallia, vaan tarkastelu on suoritettu tietomalleista tulosteille 2D-piirustuksille (Haastattelu 1). Molempien haastateltujen arkkitehtitoimistojen edustajat kokivat vastaavan menettelytavan suunnitelmakatselmuksissa yleiseksi useissa projekteissa – ei ainoastaan kohdeyrityksen asuntohankkeissa (Haastattelu 4).

#### **4.5.2 Kustannuslaskentaprosessi**

Perustajaurakoitavien asuntohankkeiden hankkeen kustannusarvion laskentaprosessi voidaan esittää lyhyesti kuvan 16 mukaisesti. Tietomallien suurin hyödyntämismahdollisuus on määrälaskentaa tehdessä, kun hyvin laadituista tietomalleista on saatavilla luotettavia määräluetteloita (Heikkinen 2015).



**Kuva 16.** Kohdeyrityksen kustannuslaskennan prosessi (Heikkinen 2015)

Onnistunut määrälaskenta edellyttää, että laskentaan käytettävissä oleva tietomalli on tietosisällöltään määrälaskennan tavoitteiden mukainen. Tämä puolestaan edellyttää, että tietomallille on tehty tarvittavat laadunvarmistukset eri osapuolten toimesta, joista keskeisimmässä roolissa on tietomallia hyödyntävä määrälaskija (Eastman et al 2011; Heikkinen 2015; YTV 2012, osa 7).

Kohdeyrityksessä on suoritettu joissakin projekteissa määrälaskentaa, joissa on ulkopuolisen määrälaskentatoimiston määrälaskennan lisäksi suoritettu omaa tietomallipohjaista määrälaskentaa ja vertailtu saatuja määriä toisiinsa. Näissä projekteista on havaittu, että tietomallien taso ei ole ollut määrälaskennan kannalta riittävä ja toisaalta määrälaskijan ja suunnittelijan rutiinin puutteen vuoksi tietomallipohjainen määrälaskenta on ollut aikaa vievää verrattuna perinteiseen dokumenttipohjaiseen määrälaskentaan (Haastattelu 2).

Laskennan haastatteluiden perusteella asuntohankkeiden tietomallit eivät yleensä ole sillä tarkkuudella, että luotettava määrälaskenta olisi mahdollista. Tietomalleista on ollut havaittavissa, ettei niille ole tehty riittävän laadukasta laaduntarkistusta. Kohdeyrityksen asuntohankkeiden suunnittelun aikana tietomalleille ei tehdä suunnitteluryhmän ulkopuolista laadunvarmistusta. Tämän seurauksena tietomallille on tehty määrälaskennan näkökulmasta ensimmäinen tarkistus vasta juuri ennen laskentaa, jolloin haastatteluilla laskijoilla ei ole ollut aikaa suorittaa tietomallitarkastusta eikä odottaa suunnitteli-

jan tekemiä korjauksia (Haastattelu 2). Kirjallisuudesta tehtyjen löydösten mukaan hankkeen aikataulu tulee laatia sellaiseksi, että jokaisella osapuolella on tarvittava aika, sekä aikataulun pohjalla on aina toiminnallisten ja kaupallisten tavoitteiden asettamat vaatimukset (RT 10-10992, 2010; Koskenvesa & Sahlstedt 2013).

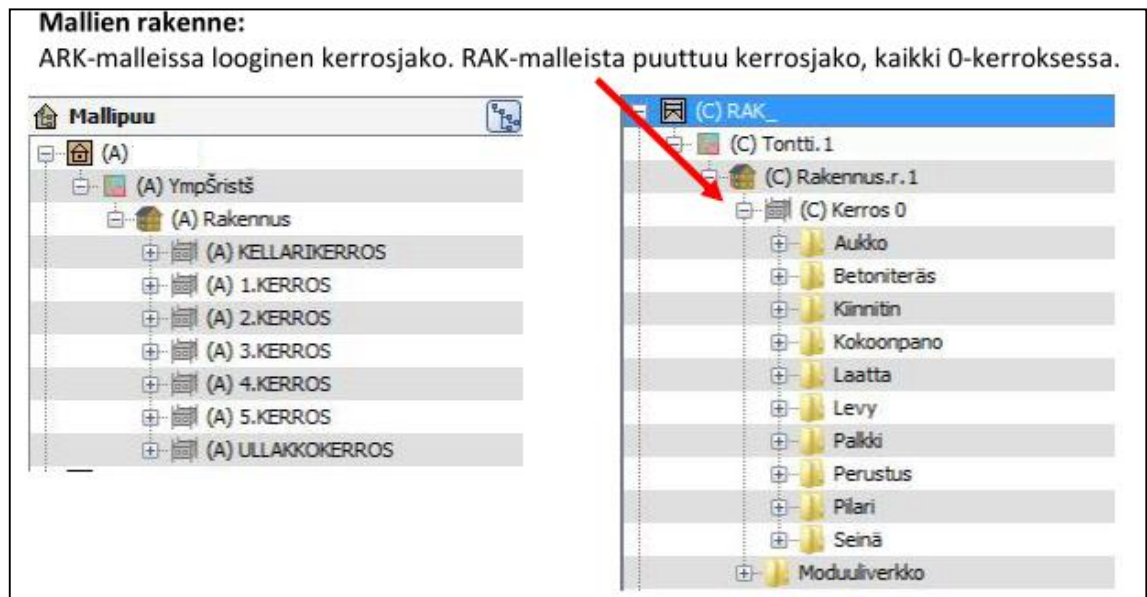
Koska merkittävän osan kohdeyrityksen asuntohankkeiden määrälaskennasta tekee ulkopuolinen määrälaskentatoimisto, on vaarana, ettei tietomalleille tehdä määrälaskijan näkökulmasta riittävää laadunvarmistusta tai, että syntyy katkoksia tiedonsiirrossa (Haastattelu 2).

#### **4.5.3 Rakentamisen valmisteluvaiheen tietomallinnustehtävät case-projekteissa**

Kummassakaan case-projektissa ei ole toimitettu tietomallia rakennuslupahakemuksen liitteenä (Haastattelu 1). Haastateltujen arkkitehtien mukaan case-projektien rakennuslupasuunnitelmat on kuitenkin tuotettu tietomallipohjaisesti (Haastattelu 4).

Case-projektissa 1 on pidetty suunnitelmakatselmus rakentamisen valmisteluvaiheessa. Suunnitelmakatselmuksessa on keskitytty lähinnä maanrakennustöiden kannalta keskeisiin suunnitelmiin, eikä tässä katselmuksessa ole tietomallia katselmoitu erikseen. Case-projektissa 1 Arkkitehti ei ole toimittanut täytetty tietomallin tarkastuslomaketta. Case-projektissa 2 ei ole pidetty vielä tämän tutkimuksen aikana suunnitelmakatselmusta (Haastattelu 1; Suunnitelma-aineisto). Liitteessä 6 on esitetty yleisten tietomallivaatimusten mukainen tietomallintarkastuslomake (YTV 2012, osa 6).

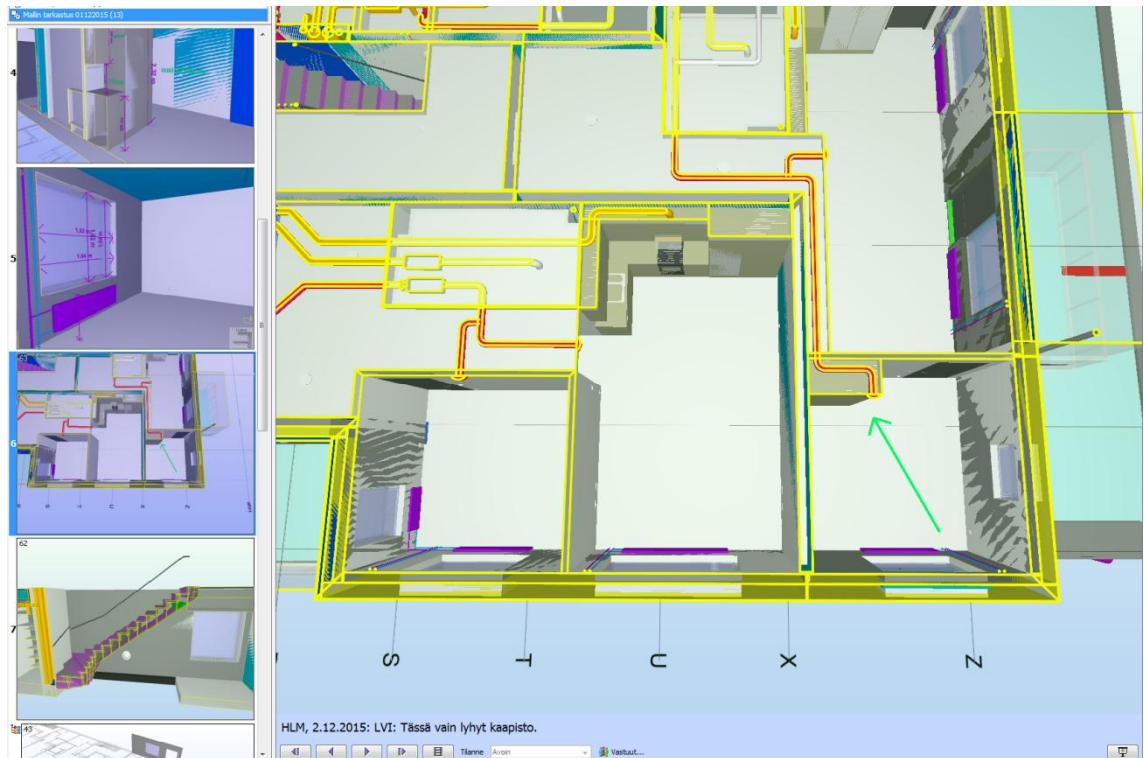
Case-projektissa 1 on tilaajan toimesta tehty tietomallin tarkastus, jossa on tarkasteltu eri suunnittelualojen laatimia tietomalleja sekä yhdistelmämallia. Tarkastuksesta on laadittu tietomalliraportti, josta on esitetty ote kuvassa 17, jossa esitettynä rakennesuunnittelijan mallin puutteellinen kerrosjako (Suunnitelma-aineisto)



**Kuva 17.** Case-projekti 1: Ote tilaajan laatimasta tietomalliraportista

Case-projektissa 2 on suoritettu tietomallipohjaista tiedonsiirtoa suunnittelijoiden ja tilaajan välillä. Arkkitehti on luonut Solibri Model Checker -ohjelmistolla yhdistelmämallin eri suunnittelualojen IFC-malleista, jonka jälkeen yhdistelmämallille on tehty silmämääräistä yhteensovitusta. Havaittuja puutteita ja kohdeyrityksen ohjeista poikkeavia mallinnusteknisiä asioita on kirjattu ohjelmiston avulla laadittavaan esitykseen, joka on tämän jälkeen jaettu osapuolille Excel-raporttina sekä yhdistelmämallina. Havaittuja asioita on käsitelty suunnittelukokousten yhteydessä sekä suunnittelijoiden keskinäisessä tiedonsiirrossa. Havaittuihin asioihin on lisätty ratkaisut tai muut mahdolliset kommentit. Kaikki esillä olleet aiheet jäävät kommentteineen yhdistelmämalliin talteen, jolloin suunnittelun aikana esillä olleet ongelmat ja ratkaisut ovat kaikki löydettävissä suunnittelun edetessä. Kuvassa 18 on esitetty kuvakaappaus case-projektin 2 yhdistelmämalliin laaditusta tarkastuksesta. Kuvassa on esillä erään asunnon keittiökalusteille suoritettu tarkastus, jossa on havaittu ristiriita LVI-suunnittelijan ja arkkitehdin hormin geometriassa. Lisäksi kuvan vasemmassa laidassa pienemmissä kuvissa on esillä diaesityksen muita aiheita. (Suunnitelma-aineisto; Haastattelu 4)

Molemmissa case-projekteissa kohteiden kustannuslaskentaa varten laadittava määrälaskenta on annettu ulkopuoliselle määrälaskentatoimistolle tehtäväksi, mutta määrälaskentatoimistolle ei ole toimitettu tietomalleja määrälaskentaa varten. Case-kohteiden määrälaskenta on suoritettu perinteisistä 2D dokumenteista (Haastattelu 2; Areite 2016)



**Kuva 18.** Case-projekti 2: Ote yhdistelmämallin tarkastuksessa esille tulleesta puutteesta

#### 4.5.4 Rakentamisen valmisteluvaiheen jatkokehityksaiheet

Case-projekteista ja haastatteluista tehtyjen löydösten mukaan kohdeyrityksen perustajaurakoitavien asuntohankkeiden rakentamisen valmisteluvaiheessa tietomallin laadunvarmistamiseksi on kehittymahdollisuuksia seuraavissa asioissa:

1. Määrälaskenta ja laadunvarmistus
2. Suunnitelmakatselmukset

Kuten kappaleessa 2.2.3. esitetään, on tietomallipohjainen määrälaskenta nopeaa, luotettavaa ja näin ollen myös helppo toteuttaa useissa eri vaiheissa (Eastman et al 2011). Case-projekteista ja haastatteluista tehdyt löydökset ovat ristiriidassa tämän kirjallisuudessa esitetyn toimintamallin kanssa, sillä haastatteluiden perusteella kohdeyrityksessä perustajaurakoitavissa asuntohankkeissa määrälaskenta suoritetaan hankkeissa yhden kerran ja usein ulkopuolisen määrälaskentatoimiston toimesta (Haastattelu 2).

Riippumatta kenen toimesta määrälaskenta suoritetaan, tulee määrälaskijalle toimittaa muiden laskenta-asiakirjojen yhteydessä aina myös tietomallit. Toimitettavalle tietomallille tulee olla suoritettu riittävä laadunvarmistus (Heikkinen 2015; Eastman et al 2010). Laaduntarkastukseen tulee osallistua määrälaskennasta vastaava henkilö hankkeen mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jolloin suunnittelijat pystyvät tekemään tietomallille tarvittavat korjaukset oikea-aikaisesti (RT 10-10992, 2010). Edellytyksenä sille, että määrälaskennan voi suorittaa kohdeyrityksen oma laskentaosasto, tulee hankkeiden

aikatauluissa huomioida riittävästi aikaa sekä tietomallin tarkistukselle, että määrälaskennalle. Lisäksi laadunvarmistusprosessin tulee olla niin tehokas, että tietomallit ovat käyttökelpoisia määrälaskennan yhteydessä (Haastattelu 4; RT 10-10992).

Kun tietomallipohjainen määrälaskenta suoritetaan kohdeyrityksen oman laskentaosaston toimesta, on kustannustehokasta määrälaskentaa mahdollista suorittaa useamman kerran hankkeen eri vaiheissa. Tämä korostuu entisestään, kun rutiini tietomallipohjaiseen määrälaskentaan lisääntyy, jonka seurauksena voidaan vähentää ulkopuolisten määrälaskentatoimistojen käyttöä asuntohankkeissa (Haastattelu 4). Tämä toimintatapa vastaa kirjallisuudessa esitettyjä toimintamalleja (Eastman et al 2011; YTV 2012, osa 7)

Suunnitelmakatselmuksen yhteydessä tulee jatkossa hyödyntää automaattisia säännöstöpohjaisia tietomallin tarkastuksia. Yksi tapa on hyödyntää Solibri Model Checker – ohjelmistolla suoritettavia tietomallin automaattisia tarkastuksia (Eastman et al. 2011). Lisäksi tulee vaatia kunkin suunnittelualan oman tietomallin sekä yhdistelmämallin tarkastusraportteja (Haastattelu 2 ja 4; YTV 2012, osa 6). Tarkastusraportit ovat tehokas keino saada osapuolet havaitsemaan ja korjaamaan puutteita ennen suunnitelmakatselmusta (Haastattelu 4).

Koska arkkitehtimalli on sisällöltään yhteneväinen muiden dokumenttien kanssa, tulee suunnitelmakatselmus tehdä jatkossa aina tietomallille, jonka lisäksi voidaan katselmoida tarkentavia suunnitelmia rinnakkain tietomallin kanssa (Haastattelut 1-4; YTV 2012, osa 6).

Taulukossa 4 on esitetty tiivistetysti rakentamisen valmisteluvaiheen tietomallinnukseen liittyvät kehitettävät aihealueet sekä niihin liittyvät jatkotutkimusaiheet

***Taulukko 4. Rakentamisen valmisteluvaiheen jatkekehitysaiheet***

<b>Kehitettävä aihe</b>	<b>Tarvittava jatkoselvitys</b>
Määrälaskenta ja laadunvarmistus	<p>Mahdollisuudet tietomallipohjaiseen määrälaskentaan kohdeyrityksen omassa laskennassa</p> <p>Hankkeen aikataulut määrälaskennan ja laadunvarmistuksen näkökulmasta</p>
Suunnitelmakatselmuks	<p>Automaattisten työkalujen hyödyntäminen</p> <p>Tietomallien ja muiden dokumenttien yhtäaikainen tarkastelu</p>

## 4.6 Arkkitehtimalli rakentamisvaiheessa

Kappaleen 2.2 mukaan tietomalleja voidaan hyödyntää rakennustuotannon- ja aikataulunsuunnittelussa, rakennettavan kohteen havainnollistamisessa sekä tuotannon aikaisessa määrälaskennassa (Eastman et al 2011; YTV 2012, osat 6, 8 ja 13). Kohdeyrityksen tuotannosta vastaavien henkilöiden haastatteluista ilmeni, että tietomalleja hyödynnetään rakentamisvaiheessa tehokkaasti ja tietomalleihin liittyvän ammattitaidon ja ruutiinien lisääntyessä tietomallien hyödyntäminen tehostuu entisestään (Haastattelu 3).

Haastatteluiden ja case-projektien perusteella oli havaittavissa kaksi merkittävää tietomallin käyttötarkoitusta rakentamisvaiheessa, joita ovat:

1. Havainnollistaminen
2. Määrälaskenta (Haastattelu 3).

Havainnollistamista voidaan hyödyntää rakentamisvaiheessa usealla eri tavalla. Esimerkiksi suunnitelmiin tutustuesssa voidaan tarkastella tietomallia, jolloin suunnitelmien sisäistäminen helpottuu. Tietomallista on helposti havaittavissa esimerkiksi korkeuserot tai betonielementtien painot verrattuna tasopiirustuksiin (Haastattelu 3; YTV 2012, osat 8 ja 13). Havainnollistamista voidaan hyödyntää myös nykyaikaisilla mobiililaitteilla, jolloin tietomallit kulkevat työmaalla mukana esimerkiksi tablettitietokoneen mukana (Tekla 2015).

Rakennustyömaalla tietomalleista suoritetaan jatkuvasti töiden edetessä määrälaskentaa ja tehdään erilaisia määräluetteloita. Tällaisia luetteloita ovat esimerkiksi muurattujen väliseinien määrät kerroksittain. Kyseisten luettelon avulla voidaan puolestaan valvoa työsaavutusta sekä tehdä logistiikka- ja varastointisuunnittelua materiaaleille. Tarkennettuja määräluetteloita voidaan hyödyntää myös hankinnoissa, sillä nopeasti tietomallista saadut määräluettelot on voitu liittää tarjouspyyntöjen liitteiksi (Eastman et al 2011; YTV 2012, osat 7 ja 13; Haastattelu 2 ja 3).

3D-aluesuunnitelma voidaan laatia esimerkiksi Trimble SketchUp Pro -ohjelmistolla, johon tuodaan taustalle referenssiksi arkkitehdin IFC-malli sekä joitakin piirustuksia, kuten asemapiirros ja julkisivupiirroksat pdf-muodossa. (Haastattelu 3; Eastman et al. 2011). Lisäämällä tietomalliin rakennusosille neljännen, aikaulottuvuuden, saadaan rakennustöitä havainnollistava 4D-aikataulu, jossa on mahdollista esittää työvaiheiden järjestys ja eteneminen sekä aikataulun kriittinen polku (Eastman et al. 2011). Muita tietomallin hyödyntämistapoja aikatauluissa ovat esimerkiksi sijaintikohtaiset määräluettelot, joita voidaan tehokkaasti hyödyntää aikatauluohjelmissa (YTV 2012, osa 13; Haastattelu 3).

Rakennustuotannon kannalta tietomallin tulee vastata mahdollisimman tarkasti todellista rakennettavaa tilannetta (YTV 2012, osa 13). Haastatellut tuotannon henkilöt esittivät, että mitä tarkempi tuotannon aikainen tietomalli tietosisällöltään on, sen monimuo-



toisempia sen käyttömahdollisuudet ovat (Haastattelu 3). Esimerkiksi arkkitehdin tietomallissa tulee olla kerrosjaottelu ja rakennusosien kerrostiedot ehdottomasti oikein, tietomallin tulee olla loogisesti laadittu, että kaikki rakennusosat löytyvät helposti ja lisäksi mallissa tulee olla materiaalitiedot mahdollisimman tarkasti esitettynä. Esimerkiksi kaikki eriväriset parketit tulee olla poimittavissa kerroksittain, asunnoittain sekä mahdollisesti myös huoneittain tietomallista ja määrät tulee olla laskettavissa. Tietomallin oleellisena osana tuotannossa tulee aina olla käytettävissä myös laadukkaasti laadittu ja ajantasainen tietomalliseloste. (YTV 2012, osat 3, 6 ja 13; Haastattelu 3).

#### **4.6.1 Rakentamisvaiheen tietomallinnustehtävät case-projekteissa**

Case-projektissa 1 ovat rakennustyöt edenneet tämän tutkimuksen aikana sisävalmistusvaiheeseen. Tietomallien käytöstä rakennustyömaalla ovat vastanneet rakennustyömaalla työnjohtaja sekä työmaainsinööri ja heillä on ollut käytössään suunnittelijoiden tekemät IFC-mallit sekä yhdistelmämalli. Näitä malleja on tarkasteltu Solibri Model Checker- ja Solibri Model Wierver –ohjelmistoilla (Haastattelu 3; Suunnitelma-aineisto).

Tuotannosta vastaavan henkilön haastattelun ja suunnitelma-aineiston mukaan projektin tietomallin tietosisältö rakennustöiden alkaessa ei täysin vastannut vaadittua tarkkuustasoa, vaan rakennustöiden alkaessa suunnittelijat joutuivat tekemään korjauksia tietomalliin. Korjauskierroksen jälkeen, tietomallia on hyödynnetty rakennustöiden aikana (Haastattelu 3; Suunnitelma-aineisto).

Kohteessa on työmaalla hyödynnetty tietomalleja erityisesti havainnollistamiseen, talotekniikkaosien asennuksen suunnitteluun sekä risteilytarkasteluun. Sisävaihe- ja viikko-aikataulujen laadinnassa on hyödynnetty tietomallista saatuja kerroskohtaisia määräluettelaita (Haastattelu 3). Tietomalleja on hyödynnetty tarjouspyyntöjen yhteydessä sekä aliurakoiden hankinnassa tietomallista otettuja havainnekuvia sekä määräluettelaita. Tietomalleja ei ole vielä toistaiseksi luovutettu muille osapuolille, joita ovat esimerkiksi aliurakoitsijat (Haastattelu 3).

Lisäksi kohteesta on laadittu 3D-aluesuunnitelma, jota on hyödynnetty työntekijöiden perehdyttämisessä. Aluesuunnitelma on laadittu Trimble SketchUp 2015 –ohjelmistolla (Haastattelu 3 ; suunnitelma-aineisto).

Nämä toimintatavat vastaavat edellisessä kappaleessa esitettyjen kirjallisuudessa esitetyjä tietomallin hyödyntämistapoja rakentamisvaiheessa (Eastman et. al 2011; YTV 2012, osat 7 ja 13; Siraze 2015).

Case-projektissa 2 ei ole vielä aloitettu rakennustöitä tämän tutkimuksen aikana (Haastattelu 1; Suunnitelma-aineisto).

#### 4.6.2 Rakentamisvaiheen jatkokehityksaiheet

Kohdeyrityksessä asuntohankkeiden tietomallien hyödyntämistavat, tuotannon aikaisessa työnsuunnittelussa, määrälaskennassa ja havainnollistamisessa ovat hyvällä tasolla (Haastattelu 3). Tämän lisäksi case-projekteista ja haastatteluista tehtyjen löydösten mukaan kohdeyrityksen perustajaurakoitavien asuntohankkeiden rakentamisvaiheen tietomallinnustehtävissä on kehitysmahdollisuuksia seuraavissa asioissa:

1. Tietomallin tietosisältö
2. Yhteistyö aliurakoitsijoiden kanssa
3. 3D-aluesuunnitelmat
4. 4D-aikataulut
5. Asukasmuutokset

Tietomallien laatu ja tietosisällön tarkkuustaso syntyvät laadukkaasti toteutetuista tietomallinnustehtävistä rakennushankkeen jokaisessa vaiheessa (RT-10-10992; Eastman et al 2011; YTV 2012, osat 3, 6 ja 13). Tämän lisäksi tietomallien tietosisältöä on mahdollista kehittää vastaamaan niiden käyttötarkoitustaan tehostamalla hankkeen eri osapuolten välistä yhteistyötä. Esimerkiksi tehostamalla tuotannon ja suunnittelun ohjauksen välistä yhteistyötä, voidaan tietomallin tietosisältö saada entistä laadukkaammaksi (Haastattelu 1 ja 3; Smith & Tardiff 2009; RT-1010992, 2010).

Koska tietomalleista on saatavilla suurin mahdollinen hyöty silloin, kun kaikki hankkeen osapuolet sitoutuvat tietomallipohjaiseen toimintaan (RT 10-10992, 2010; AIA 2012), tulee jatkossa selvittää toimintatapoja, joilla kolmannet osapuolet, kuten aliurakoitsijat, on mahdollista sitouttaa tehokkaammin tietomallien hyödyntämiseen. Samalla on mahdollista selvittää tietomallien entistä tehokkaampi hyödyntämismahdollisuus aliurakoiden hankinnassa (Haastattelu 3).

3D-aluesuunnitelmien tehokasta laadintaa varten tulee tehdä kaikissa projekteissa hyödynnettävä yhteneväinen objektikirjasto, joka pitää sisällään muun muassa torninosturit, työmaakopit, roskalavat, aitaelementit ja muut vastaavat yleiset rakennustyömaan aluesuunnitelmassa esitettävät osat.

4D-aikatauluja voidaan laatia asuntohankkeissa tehokkaammin ja niitä on mahdollista hyödyntää tehokkaammin, sillä 4D-aikataulusta on usein rakentamisen työvaihe ja asennusjärjestys helpommin havaittavissa, kuin perinteisissä viiva-aikatauluissa.

Asukasmuutokset ovat rakennusliikkeiden asiakaspalvelua ja tehostamalla tietomallien käyttöä esimerkiksi kommunikoinnissa asiakkaan, suunnittelun ja tuotannon välillä. Samalla tulee selvittää yhteiset toimintatavat asukasmuutoksiin liittyviin tietomallinnustehtäviin (Latva-Mäenpää 2013).

Taulukossa 5 on esitetty tiivistetysti rakentamisvaiheen tietomallinnukseen liittyvät kehitettävät aihealueet sekä niihin liittyvät jatkotutkimusaiheet

***Taulukko 5 Rakentamisvaiheen kehitysmahdollisuudet***

<b>Kehitettävä aihe</b>	<b>Tarvittava jatkoselvitys</b>
Tietomallin laatu ja tietosisältö	Yhteistyö tietomallihankkeen kaikkien osapuolien välillä
Yhteistyö aliurakoitsijoiden kanssa	Tietomallipohjainen yhteistyö urakoitsijoiden kanssa
3D-Aluesuunnitelma	Yhteneväinen objektikirjasto yleisesti käytettävistä rakenteista
4D-aikataulut	4D-aikataulujen tehostettu laadinta
Asukasmuutokset	Asukasmuutoksiin liittyvät tietomallinnustehtävät

## **5 KÄYTÄNNÖT KOHDEYRITYKSEN TIETOMALLIHANKKEISSA JA NIIDEN KEHITTÄMINEN**

Kohdeyrityksen pääkaupunkiseudun perustajaurakoitavat asuntohankkeet toteutetaan tietomallintaen. Case-projekteista ja haastatteluista selvisi tutkimuksen yhteydessä, että asuntohankkeiden tietomalliprosessi on kohdeyrityksessä kehittynyt toimivaksi prosessiksi, vaikka prosessissa on edelleen joitakin kehitettäviä osa-alueita.

Kuvaan 19 on esitetty rakennushankkeen eri vaiheet ja niiden sisältö sekä arkkitehtimallin muoto ja sisältö kussakin rakennushankkeen vaiheessa. Kuva on laadittu yhdistämällä kuva 7 kappaleessa 3 sekä kuva 10 kappaleessa 3.3.3. Esimerkiksi rakentamisen valmisteluvaiheeseen sisältyy rakennuslupa- ja markkinointiasiakirjojen laatiminen, jolloin arkkitehdin laatima tietomalli on laskentatarkkuustason rakennusosamalli, jossa on esitetty muun muassa tilat ja rakennusosat tyyppitietoineen.



**Kuva 19** Asuntotuotantohankkeen vaiheet ja niihin liittyvät tehtävät. Vasemmalla hankevaihe, keskellä vaiheeseen liittyvä suunnittelutehtävä ja oikealla arkkitehtimallin vaihe (Muokattu RT 10-10827 2004; YTV 2012, osa 1 ja 3)

Kohdeyrityksen käyttöön kehitetyt arkkitehdin tietomallinnuksen apuvälineet ovat asuntohankkeiden suunnittelunohjaajilla käytössä ja kyseiset apuvälineet on koettu kohdeyrityksessä sekä haastatteluihin osallistuvien arkkitehtien mielestä laadukkaina.

Tutkimuksen mukaan tietomalliprosessissa korostuivat tietyt osa-alueet, joita ovat:

1. Avoin yhteistyö sekä tietomallipohjainen tiedonsiirto kaikkien osapuolien välillä
2. Tietomallihankkeen organisointi ja johtaminen
3. Suunnitelmien laadunvarmistus
4. Tietomallipohjainen määrälaskenta
5. Tietomallien hyödyntäminen rakennustuotannossa

Tietomalliprosessissa osapuolten välinen yhteistyö ja tietomallipohjainen tiedonsiirto ovat esitetty kirjallisuudessa tietomalliprosessin vahvuuksiksi, joiden seurauksena kaikki rakennushankeprosessin vaiheet tehostustuvat. Tämän lähtökohtana on, että hankkeen jokainen osapuoli on sitoutunut tietomallipohjaiseen toimintaan. Kohdeyrityksen perustajaurakoitavissa asuntohankkeissa haastatteluiden ja case-projektien perusteella ilmeni, että vaikka kohdeyrityksen hankkeissa toteutetaan tietomallipohjaista yhteistyötä ja tiedonsiirtoa, on tällä osa-alueella vielä kehitettävää.

Tietomallihankkeen organisointi ja johtaminen luo edellytykset edellä mainitulle tietomallipohjaiselle yhteistyölle. Kun tietomallihanke on hankkeen alusta alkaen organisoitu ja johdettu laadukkaasti sekä hankkeeseen liittyvät osapuolet varaavat riittävästi resursseja sekä aikaa tietomallinnustehtäville. Kohdeyrityksessä on laadittu apuvälineitä tietomallintamisen organisointiin sekä johtamiseen, jotka haastatteluiden perusteella saatiin lähtökohdat tietomalliprosessiin.

Tietomallihankkeen organisoinnissa ja johtamisessa keskipisteessä suunnittelun ohjaajan lisäksi on pääsuunnittelija, jolla lain ja määräysten mukaan velvollisuus huolehtia suunnitteluryhmän resursseista, suunnitteluajataulun hyväksymisestä sekä suunnitelmien yhteensopivuudesta. Nämä määräykset ja lait ovat aina lähtökohtana suunnitteluryhmän johtamisessa. Lisäksi jokaisella hankkeeseen liittyvällä osapuolella on vastuu huolehtia tiedon kulusta sekä sopimuksien tuntemuksesta omassa organisaatiossaan.

Tietomallipohjaisen suunnittelun käynnistämisen jälkeen tehokas tapa sopia tietomallinnukseen liittyvät keskeiset tehtävät, on kaikkien osapuolten välinen yhteinen tietomallinnuksen aloituspalaveri. Tutkimuksessa ilmeni, että kohdeyrityksessä kyseinen palaveri on käytössä asuntohankkeissa, mutta aloituspalaveriin liittyen oli havaittavissa kehitystarpeita

Toisin kuin perinteinen dokumenteista suoritettava määrälaskenta, on tietomallipohjainen määrälaskenta nopeaa ja edullista, jonka vuoksi se on toteutettavissa useissa hankkeen eri vaiheissa. Tehdyt määrälaskelmat toimivat lähtötietona kannattavuuslaskelmiin, kustannusarvoihin, aikatauluihin ja hankintoihin. Tutkimuksessa selvisi, että pe-

rustajaurakoitavien asuntohankkeiden osalta hankkeille suoritetaan yleisesti määrälaskenta urakkalaskenta-asiakirjojen perusteella ja usein määrälaskennan suorittaa kohdeyrityksen ulkopuolinen määrälaskentatoimisto. Tutkimuksessa ei selvitetty, kuinka tietomalleja hyödynnetään näissä tapauksissa määrälaskennan yhteydessä. Hankkeiden tuotantovaiheessa kohdeyrityksessä suoritetaan tuotannon eri osapuolten toimesta määrälaskentaa, jota hyödynnetään tuotannon ohjauksessa. Määrälaskennassa ja tuotannossa tietomallin oleellisena osana tulee aina olla käytettävissä laadukkaasti laadittu ja ajantasainen tietomalliseloste.

Tutkimuksessa havaittiin, että kohdeyrityksen tietomallihankkeiden laadunvarmistusprosessissa suunnittelijoiden oman työn tarkastus toteutetaan usein silmämääräisesti tietomalleja tarkastelemalla, mutta automaattisten yhteensovitus- ja tarkastelutyökalujen käyttö on ollut haastatteluiden perusteella vähäistä. Lisäksi tietomallin laadunvarmistusta kohdeyrityksessä suorittavat esimerkiksi laskennasta sekä tuotannosta vastaavat henkilöt.

Rakennustuotannossa tietomalleja voidaan hyödyntää määrälaskennan lisäksi esimerkiksi havainnollistamisessa, työn ja asennusjärjestyksen suunnittelussa sekä aluesuunnittelussa. Tutkimuksessa selvisi, että kohdeyrityksessä asuntohankkeiden tuotantovaiheessa tietomallien yleisimmät hyödyntämiskeinot on suunnitelmien havainnollistaminen sekä tuotantovaiheen määrälaskenta.

## 5.1 Arkkitehtimallin laatu ja laadunvarmistus

Arkkitehtimallin laadunvarmistusprosessi on keskeisessä roolissa läpi koko hankkeen ja siihen on kiinnitettävä erityistä huomiota, että arkkitehtimalli vastaa laadultaan ja tietosisällöltään tuotantovaiheen tarpeisiin. Laadunvarmistusprosessi on esitetty kuvassa 15.

Suunnittelijoiden vastuu suunnitelmien laadusta ei ole muuttunut miksikään perinteisestä dokumenttipohjaisesta suunnittelusta, mutta tietomallipohjainen automaattiset tarkastus- ja yhteensovitustyökalut tarjoaa mahdollisuudet tehokkaammalle laadunvarmistukselle. Näitä automaattisia työkaluja tulee hyödyntää laadunvarmistuksen yhteydessä. Suunnittelijoiden oman työn laadunvarmistuksen lisäksi tietomalliproessissa tietomallille tulee suorittaa laadunvarmistus hankkeen jokaisen osapuolen toimesta, jolloin laadunvarmistuksessa huomioidaan kunkin osapuolen näkökulmat.

Hankkeen laadunvarmistuspisteet voidaan jaotella tehtäviksi jatkuvasti, suunnittelukokousten yhteydessä sekä hankekohtaisesti erikseen määritellyissä pisteissä. Suunnittelukokousten ja hankekohtaisesti määriteltyjen laadunvarmistuspisteiden yhteydessä tulee aina suorittaa yhdistelmämallin yhteensovitus ja tarkastus sekä tarkastuksesta tulee laatia raportti. Hankekohtaisia laadunvarmistus pisteinä voidaan pitää esimerkiksi kannattavuus-, kustannus- ja määrälaskennan sekä suunnitelmakatselmuksien yhteydessä.

Haastatteluista ja case-projekteista kuitenkin oli havaittavissa, että tietomalliprosessiin liittyvässä laadunvarmistuksessa on vielä kehitettävää.

Tutkimuksessa tehtyjen havaintojen perusteella laadunvarmistukseen liittyvät keskeiset toimenpiteet ovat lyhyesti esitettynä:

1. Tietomallipohjaisten automaattisten työkalujen hyödyntäminen
2. Laadunvarmistuksen tarkastuspisteet tunnistettava ja määriteltävä
3. Laadunvarmistuspisteiden yhteydessä tehdään yhdistelmämallin kokoaminen ja tarkastus
4. Tarkastuksesta on aina laadittava raportti
5. Arkkitehtimallille tulee suorittaa laadunvarmistus myös määrälaskennan ja tuotannon näkökulmasta hankekohtaisesti määritellyissä pisteissä

Kun arkkitehtimallin laadunvarmistusprosessi on toteutettu laadukkaasti läpi suunnittelun, saadaan tuotantovaiheen käynnistämiseen laadukas ja tietosisällöltään tuotannon tarpeita vastaava arkkitehtimalli. Laadukasta arkkitehtimallia on mahdollista hyödyntää tehokkaasti määrälaskennassa, aikataulujen laadinnassa, hankinnoissa ja muussa rakennustuotannon ohjauksessa.

## **5.2 Arkkitehtimallin laadunvarmistuksen jatkokehityssaiheet**

Tutkimuksen yhteydessä löydettiin ne hankeprosessin vaiheet, joihin arkkitehtimallin laatuun ja laadunvarmistukseen liittyviä toimenpiteitä tulee jatkossa kehittää. Nämä jatkokehityssaiheet ovat:

1. Tietomallinnuksen aloituspalaveri
2. Tietomallipohjainen tiedonvälitys
3. Laadunvarmistuksen työkalut ja mittarit
4. Tietomallin tarkastusraportti
5. Suunnitelmakatselmuksent ja muut suunnittelukokoukset ja -palaverit

Kohdeyrityksessä pidetään tietomallinnuksen aloituspalavereita, mutta palaverikäytäntöä tulee jatkossa kehittää. Jatkossa tulee määrittää tarkemmin palavereihin osallistuvat osapuolet ja heidän roolit, sekä palaverin sisältö tulee olla projektikohtaista. Lisäksi on selvitettävä esimerkiksi yhden mallihuoneen katselmointi aloituspalaverissa.

Tietomallipohjaisesta tiedonvälityksestä tulee selvittää BFC-tiedonvälitysmuodon hyödyntäminen suunnittelijoiden ja kohdeyrityksen välisessä tiedonvälityksessä. Lisäksi tulee selvittää muita toimivia tietomallipohjaisia tiedonvälitysmuotoja. Tietomallipohjainen tiedonvälitys tulee jalkauttaa kohdeyrityksessä käyttöön esimerkiksi koulutuksen avulla.



Tietomallin laadunvarmistukseen liittyen tulee kohdeyrityksessä kehittää automaattisten tarkastustyökalujen käyttötapoja. Esimerkiksi Solibri Model Checker –ohjelmiston säännöstöpohjaisten tarkastustyökaluista tulee antaa koulutusta kohdeyrityksen henkilöstölle. Keskeisimpiin laadunvarmistuspisteisiin, kuten esimerkiksi rakennuslupavaiheen suunnitelmakatselmukseen tulee selvittää onko olemassa olevat säännöstöt toimivia, vai onko tarve laatia kohdeyrityksen oma säännöstöpohjainen tarkastus, joka arkitiedin tietomallille suoritetaan ennen katselmointia. Tietomallin laadunvarmistukseen ja laatuun liittyviä työkaluja ja mittareita tulee jatkossa kehittää kohdeyrityksen asuntotuotantoon yhteneväisiksi.

Suunnittelijoiden laatimia tietomallin tarkastusraportteja tulee kehittää sellaisiksi, että ne pitävät sisällään mahdollisimman täsmällisesti tietomallin tilan ja laadun tarkastuksen yhteydessä, jolloin ne ohjaavat suunnittelijoita itsenäisesti havaitsemaan ja korjaamaan puutteet omasta tietomallistaan sekä yhdistelmämallista.

Suunnitelmakatselmuskäytäntöön tulee laatia kohdeyrityksen asuntotuotantoon tietomallipohjaisen suunnittelun sisältävät työkalut. Lisäksi jatkossa suunnitelmakatselmukset tulee suorittaa aina tietomallille ja muita täydentäviä suunnitelmia tarkastellaan tietomallin yhteydessä. Myös muissa suunnitteluun liittyvissä kokouksissa ja palavereissa tulee jatkossa hyödyntää tietomallia keskeisenä osana kokouskäytäntöä. Tarvittavat koneet ja laitteet ovat jo kohdeyrityksessä olemassa, mutta niiden käyttöön tulee antaa opastusta ja esittää lisää eri käyttömahdollisuuksia.

Kohdeyrityksessä tulee laatia jatkoselvitys, jossa kehitetään tarkennetut ohjeet ja toimintatavat perustajaurakoitavien asuntohankkeiden edellä mainittuihin kohtiin.

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimusmenetelminä tässä tutkimuksessa on käytetty kirjallisuustutkimusta sekä taustatutkimusta, jossa on hyödynnetty kahta case-projektia sekä haastatteluita. Case-projektit valittiin pääkaupunkiseudulta siten, että hankkeet ovat edenneet suunnittelussa riittävän pitkälle diplomityöhön liittyvän tarkastelun näkökulmasta. Projektien valinnassa kiinnitettiin myös huomiota, että niiden hankevaiheet ovat toisistaan poikkeavia. Näin ollen case-projektissa 1 hanke on diplomityön aikana edennyt rakentamisen aloitamisvaiheesta rakennustöiden runko- ja sisärakennusvaiheeseen. Case-projekti 2 on edennyt diplomityön aikana rakennuslupavaiheesta toteutussuunnitteluvaiheeseen.

Case-projekteista tutkimusta varten käytiin läpi suunnitelma-asiakirjoja, suunnittelukokouspöytäkirjoja ja muuta kokousaineistoa. Case-projektin 2 aikana osallistuttiin yhteen suunnittelukokoukseen, jonka yhteydessä pidettiin mallikerroksesta tietomallien yhteensovitus. Tarkastellun aineistosta saatua informaatiota täydennettiin haastatteluilla ja keskusteluilla diplomityön edetessä.

Haastatteluissa pyrittiin selvittämään asuntohankkeeseen liittyvien keskeisimpien osapuolien näkemyksiä tietomallintaen toteutettavaan suunnitteluun, sen ohjaukseen sekä tietomallinnuksen hyödyntämiseen liittyen. Haastateltavat henkilöt sekä haastattelukysymykset jaettiin neljään kategoriaan, joita ovat:

1. Suunnittelun ohjaus
2. Kustannus- ja määrälaskenta
3. Rakennustuotanto
4. Suunnittelijat

Haastattelukysymykset on esitetty liitteissä 1-4. Suunnittelun ohjauksesta haastateltiin kahta, kustannus- ja määrälaskennasta kolmea ja rakennustuotannosta kahta kohdeyrityksessä työskentelevää henkilöä. Haastateltavista henkilöistä osa liittyi suoraan case-projekteihin ja osa vastasi haastattelukysymyksiin oman kokemuksensa pohjalta. Lisäksi haastateltiin kahden eri arkkitehtitoimiston edustajia, jotka vastasivat case-projekteissa arkkitehti- ja pääsuunnittelusta. Kyseiset arkkitehtitoimistot ovat tehneet myös aikaisemmin yhteistyötä kohdeyrityksen kanssa perustajaurakoitavissa asuntohankkeissa. Haastatteluiden lisäksi tutkimukseen liittyen käytiin useita keskusteluja kohdeyrityksen tietomallinnukseen ja perustajaurakointiin liittyvien asiantuntijoiden kanssa.

## 6.1 Tavoitteiden saavuttamisen arviointi

Tämän tutkimuksen ensimmäisenä tavoitteena on ollut:

1. Selvittää kirjallisuudesta yleiset perusteet tietomallihankkeelle.
2. Selvittää mitä tietomallinnustehtäviä asuntohankkeen eri vaiheissa on ja mihin arkkitehdin tietomallia käytetään.
3. Selvittää mitä toimenpiteitä edellyttää, että arkkitehdin tietomallin sisältö on laadukas ja valmis tuotantovaiheen käynnistämiseen.

Ensimmäiseen tutkimuskysymykseen on vastattu kirjallisuusselvityksenä luvuissa kaksi ja kolme. Kyseinen osa-alue muodosti tutkimukseen teoreettisen taustan ja samalla viitekehysten tutkimuksen kahdelle muulle tavoitteelle.

Toiseen tutkimuskysymykseen on vastattu hyödyntämällä kohdeyrityksen case-projekteja sekä haastatteluita, joiden perusteella on löydetty asuntohankkeen arkkitehdin mallinnukseen liittyviä tehtäviä ja toimintatapoja kohdeyrityksessä. Lisäksi tutkimuksessa on vertailtu kohdeyrityksen toimintatapoja kirjallisuusselvityksessä tehtyihin löydöksiin. Tämän selvityksen tuotoksena on saatu yhteenveto kohdeyrityksen asuntohankkeiden nykytilanne tietomallinnustehtävistä arkkitehtimallin osalta.

Kolmatta tutkimuskysymystä varten on löydetty asuntohankkeen eri vaiheisiin liittyviä tietomalliprosessissa korostuvia osa-alueita. Kun näihin tietomalliprosessin eri toimintatapoihin ja tehtäviin kiinnitetään huomiota, saadaan lopputuloksena laadukas arkkitehtimalli tuotantovaiheen käynnistämisvaiheessa.

## 6.2 Päätulokset ja niiden hyödyntäminen

Tutkimuksen tuloksena saatiin koottua yhteenveto kohdeyrityksen nykyisistä arkkitehdin tietomallinnukseen liittyvistä toimenpiteistä asuntohankkeissa. Lisäksi tämän yhteenveton ohessa on löydetty useita kehitettäviä osa-alueita asuntohankkeen eri vaiheisiin liittyen. Saatujen tulosten avulla voidaan yhtenäistää ja tehostaa kohdeyrityksen asuntohankkeisiin liittyviä tietomallinnustehtäviä kohdeyrityksen sekä sen alueyksiköiden sisällä.

Tämän tutkimuksen aikana on kohdeyrityksen alueyksikössä kilpailutettu ja käynnistetty erään asuntohankkeen arkkitehtisuunnittelu. Kyseisessä asuntohankkeessa on hyödynnetty tässä tutkimuksessa löydettyjä toimintatapoja arkkitehtisuunnittelun käynnistämässä ja jatkossa tullaan hyödyntämään saatuja löydöksiä arkkitehtimallin laadunvarmistukseen, tietomallipohjaiseen määrälaskentaan sekä arkkitehtimallin hyödyntämiseen rakennustuotannossa.

Tutkimuksessa tehdyn rajauksen mukaan on tarkasteltu tietomallinnusta arkkitehtisuunnittelun näkökulmasta, jota voidaan pitää sovellettavuutta rajaavana tekijänä. Toisaalta

asuntohankkeen edetessä arkkitehtisuunnittelu on keskeisimmässä roolissa hankkeen alkuvaiheesta lähtien muiden suunnittelualojen liittyessä hankkeeseen myöhemmässä vaiheessa. Lisäksi esimerkiksi tutkimuksessa löydettyjä havaintoja arkkitehtimallin laadunvarmistuksesta voidaan soveltaa myös muihin suunnittelualoihin kuten rakenne-suunnitteluun.

### **6.3 Jatkotutkimusehdotukset**

Tässä tutkimuksessa löydettiin arkkitehdin laadunvarmistukseen liittyen ne aiheet, joita kohdeyrityksessä tulee kehittää. Jatkokehitettävät aiheet ovat esitetty kappaleessa 5.2. Kyseisiä löydöksiä voidaan hyödyntää lähtötietona jatkotutkimukselle, jossa selvitetään täsmälliset ja yhteneväiset ohjeet kohdeyrityksen ja sen alueyksiköiden käyttöön.

Lisäksi tulee selvittää muiden suunnittelualojen näkökulmasta keskeiset tietomallinnustehtävät asuntohankkeissa, joiden pohjalta voidaan laatia esimerkiksi talotekniikkasuunnitteluun liittyvät ohjeistukset asuntohankkeisiin. Laadittujen ohjeistuksien tulee olla arkkitehtisuunnittelun ohjeistuksen kanssa yhteneväiset.

Tästä tutkimuksesta on rajattu pois rakennushankkeen käyttöön- ja vastaanottovaihe sekä käyttövaihe. Yhtenä jatkotutkimusaiheena on tietomallinnuksen hyödyntäminen rakennus näissä vaiheissa. Esimerkiksi tulisi selvittää, kuinka tietomalleja voidaan hyödyntää rakennustöiden valmistuessa, itselle luovutuksessa sekä asukasmuutoksissa ja niiden hallinnassa.

## LÄHTEET

AIA: The American Institute of Architects 2012. Integrated Project Delivery – Optimizing the process and maximizing the targets. [WWW] [Viitattu 15.9.2015] Saatavissa <http://www.aia.org/aiaucmp/groups/aia/documents/pdf/aia105659.pdf>

AGC: The associated general contractors of America 2006. The contractor's guide to BIM. 1<sup>st</sup> edition. 48 p.

Areite Oy, Määrälaskija. Puhelinkeskustelu 14.1.2016.

BuildingSMART Finland. Standardit. [WWW] [Viitattu 20.12.2015] Saatavissa: <http://buildingsmart.fi/5>

Eastman Chuck, Teicholz Paul, Sacks Rafael & Liston Kathleen. 2011. BIM Handbook a guide to building information modeling for owners, managers, engineers and contractors. 2<sup>nd</sup> edition. New Jersey, John Wiley & Sons, Inc 626 p.

Enkovaara Esko, Haveri Heikki ja Jeskanen Pekka. 2006. Rakennushankkeen kustannusten hallinta. Rakennusteollisuuden Keskusliitto ja Rakennustietosäätiö (RTS). Rakennustieto Oy. Kirjapaino Gummerus Oy. 266 s.

Eynon John. 2013. The Design Manager's Handbook. Wiley-Blackwell. 254 p.

Heikkinen Tomi. 2015. Suunnittelumuutosten hallinta tietomallipohjaisessa kustannuslaskennassa. Diplomityö. Tampereen Teknillinen Yliopisto.

Kankainen, Jouko & Junnonen Juha-Matti. 2001. Rakennuttaminen. Tampere. Rakennustieto Oy. Tammerpaino Oy. 100 s.

Kirjanpitolautakunta, Työ- ja elinkeinoministeriö. 2006. Perustajaurakoinnin käsittely tilinpäätöksessä ja toimintakertomuksessa. Yleisohje. [WWW] [Viitattu 21.9.2015] Saatavissa: <http://ktm.elinar.fi/ktm/fin/kirjanpi.nsf/Yleisohjesuomi?openView>

Koskenvesa Anssi & Sahlstedt Satu. Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. 2013. Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö RTS. Rakennustieto Oy.

Koski Hannu, Koskenvesa Anssi, Mäki Tarja & Kivimäki Christian. Rakentamisen tuotantotekniikka. 2010. Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö RTS. Rakennustieto Oy.

Känsäkoski Ari 2015. Micro Aided Design (M.A.D.). ArchiCAD peruskurssi 8.-9. ja 15.-16.12.2015. Kurssiaineisto ja opetusmateriaali.

Latva-Mäenpää Henna. 2013. Tietomalleista tiedonhallintaan – Asukasmuutokset rakennusliikkeen omaperusteisessa asuntotuotannossa. Diplomityö. Tampereen Teknillinen Yliopisto.

Lindberg Rita, Koskenvesa Anssi & Sahlstedt Satu. Aikataulukirja. 2013. Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö RTS. Rakennustieto Oy. Meedia Zone OÜ, Viro.

Love, Peter E.D., Simpson Ian, Hill Andrew & Standin Graig. 2013. From justification to evaluation: Building information modeling for asset owners. Automation in Construction 35 (2013) pp. 208-216. Saatavilla: [http://www.sciencedirect.com.libproxy.tut.fi/science/article/pii/S0926580513000757]

MRL: Maankäyttö- ja rakennuslaki, L. 5.2.1999/132, SDK 1431/2015. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>

Penttilä, H., Nissinen, S., Niemioj, S. 2006. Tuotemallintaminen rakennushankkeessa yleiset periaatteet. Helsinki, Rakennustieto Oy, Rakennusteollisuus RT ry, Rakennustietosäätiö RTS. Tammer-Paino Oy

Rakennustietosäätiö (RTS), BuildingSMART, RIBA Enterprises Ltd. 2013. Tietomallintamisen (BIM) käyttö Suomessa –kyselyn tulokset. [WWW] [Viitattu 18.9.2015] Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/index/rakennustieto/tutkimus/6IzIzmpAR.html>

RakMK A2. Suomen rakentamismääräyskokoelma, Rakennuksen suunnittelijat ja suunnitelmat A2, Määräykset ja ohjeet 2002. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen suunnittelijoista ja suunnitelmista.

Ratu C2-0299. Rakennustyömaan aluesuunnittelu. 2010. Rakennusteollisuus RT ry ja Rakennustietosäätiö RTS. Rakennustieto Oy.

RT 10-10387. 1989. Talonrakennushankkeen kulku. Rakennustietosäätiö (RTS). Rakennustieto Oy.

RT 10-10827. 2004. Asuntosuunnittelun tehtäväluettelo PS ARK GEO RAK LVI SÄH. Rakennustietosäätiö (RTS). Rakennustieto Oy.

RT 10-10992. 2010. Tietomallinnettava rakennushanke – Ohjeita rakennuttajalle. Rakennustietosäätiö (RTS). Rakennustieto Oy.

Siraze Gio 2015. Micro Aided Design (M.A.D.). SketchUP Pro mallinnusohjelman koulutuspäivä 6.11.2015. Kurssiaineisto ja opetusmateriaali.

Smith Dana K., Tardif Michael. 2009. Building information modeling: a strategic implementation guide for architects, engineers, constructors, and real estate asset managers. New Jersey, John Wiley & Sons, Inc 210 p.

Tekla Oy: Tekla Field 3D – BIM joka taskussa. [WWW] [Viitattu 20.12.2015] saatavissa: <http://www.tekla.com/fi/tuotteet/tekla-field3d>

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Osa 1 Yleinen osuus, versio 1.0 [WWW] [viitattu 29.10.2012]. Saatavissa <https://www.buildingsmart.fi/8>

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Osa 2 Lähtötilanteen mallinnus, versio 1.0 [WWW] [viitattu 29.10.2012]. Saatavissa <https://www.buildingsmart.fi/8>

2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Osa 5 Rakennesuunnittelu, versio 1.0 [WWW] [viitattu 29.10.2012]. Saatavissa <https://www.buildingsmart.fi/8>

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Osa 6 Laadunvarmistus, versio 1.0 [WWW] [viitattu 29.10.2012]. Saatavissa <https://www.buildingsmart.fi/8>

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Osa 7 Määrälaskenta, versio 1.0 [WWW] [viitattu 29.10.2012]. Saatavissa <https://www.buildingsmart.fi/8>

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Osa 8 Havainnollistaminen, versio 1.0 [WWW] [viitattu 29.10.2012]. Saatavissa <https://www.buildingsmart.fi/8>

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Osa 11 Tietomallipohjaisen projektin johtaminen, versio 1.0 [WWW] [viitattu 29.10.2012]. Saatavissa <https://www.buildingsmart.fi/8>

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Osa 13 Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa, versio 1.0 [WWW] [viitattu 29.10.2012]. Saatavissa <https://www.buildingsmart.fi/8>

YM3/601/2015. Ympäristöministeriön ohje rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä. Helsingissä 12.3.2015.

Muut lähteet:

Haastattelut: Kysymyskategoriat 1-4 (Kysymykset liitteissä 1-4)

Suunnitelma-aineisto: Case-projektien dokumentaatio ja suunnitelma-asiakirjat

## **LIITE 1: DIPLOMITYÖN HAASTATTELU: KYSYMYKSET SUUNNITTELUUN OHJAUKSEEN**

### **Tarveselvitys- ja hankesuunnitteluvaihe**

- Miten tietomalleja hyödynnetään tarveselvitys- ja hankesuunnitteluvaiheessa yleisesti
  - o Onko esimerkiksi tilamallia hyödynnetty
- Ohjataan arkkitehtia tekemään luonnoksia alusta lähtien tietomallista
- Miten tietomallinnus on organisoitu hankkeen alkuvaiheessa (ennen olemassa olevia suunnittelusopimuksia)
- Tarkastellaanko hankesuunnitelman laajuustietoja tietomallista
- Mallinnetaanko tonttia ja olemassa olevia rakennuksia

### **Suunnitteluvaihe (L1-L2, yleissuunnittelu)**

#### **suunnittelupalvelujen hankinta:**

- Rajaako tietomallinnuksen sisältävä suunnittelu joitain suunnittelutoimistoja pois?
- Vaikuttaako suunnittelun hintaan, jos tarjouspyyntö sisältää tietomallinnuksen?
- Määrittelee tarjouspyynnön liitteessä olevat tietomallinnustaulukot ja –periaatteet riittävän tarkasti tietomallinnustehtävät ja tarkkuustason

### **Tietomallinnuksen ja suunnittelun organisointi ja johtaminen**

- Toimiiko arkkitehti ja pääsuunnittelija tietomallikoordinaattorina?
- Onko tietomallikoordinaattorina toimimisesta ja tehtäväsisällöstä sovittu erikseen?
- Onko tietomallinnuksen edellyttämät lähtötiedot ajallaan saatavissa?
- Pidetäänkö projekteissa tietomallintamisen aloituspalaveri?
- Kuka johtaa ja koordinoi muita suunnittelijoita tietomallinnuksen osalta?
- Pysyvätkö suunnittelijat vaaditussa aikataulussa tietomallihankkeessa?
- Miten tietomalleja hyödynnetään suunnittelukokouksissa tai suunnittelijapalaverissa?
- Pidetäänkö erillisiä mallinnus- tai risteilypalavereita?

### **Rakennuslupavaihe**

- Tuotetaanko rakennuslupa-asiakirjat tietomallista tulostaen?
- Tehdäänkö tietomallille laadunvarmistus ennen rakennuslupa-asiakirjojen tulostamista? Kenen toimesta? Tehdäänkö kohdeyrityksen toimesta tarkastuksia?
- Vastaako tarkistettu malli vaatimustasoa?
- Kuinka usein tietomallille tehdään tai pitäisi tehdä tarkistus?



- Tuotetaanko markkinointiin tarvittavat visualisointikuvat ja muu aineisto tietomallista
- Onko tietomalli hyödynnettävissä energia- tai olosuhdeanalyysien tekoon? Kenen toimesta analyysit tehdään?
- Tehdäänkö rakennuslupavaiheessa kustannus- tai määrälaskentaa tietomallien avulla?

### **Rakentamisen valmisteluvaihe ja suunnitelmien valmistuminen**

- Miten tietomalleja hyödynnetään suunnitelmakatselmuksissa?
- Mallinnetaanko jotain rakennusaikaisia rakenteita (esimerkiksi suojakaiteita tai telineitä)?
- Onko kaikki piirustukset tulostettu tietomallista?
- Kenen toimesta tietomallin laaduntarkistus tehdään
- Vastaako tietomalli hankkeen alkuvaiheessa määritellyjä vaatimuksia määrälaskennan osalta
- Kuinka asukasmuutokset tyypillisesti viedään tietomalliin
- Miten tietomalleja hyödynnetään huoltokirjan ja asukaskansion laatimiseen

Vapaa sana tietomallintaen toteutetusta asuntohankkeesta

## **LIITE 2: DIPLOMITYÖN HAASTATTELU: KYSYMYKSET LASKENTAAN**

- Kuvaile tietomallipohjainen kustannuslaskentaprosessi lyhyesti?
- Miten tietomalli on vaikuttanut kustannus- ja määrälaskentaan asuntohankkeissa
- Mitä ohjelmistoja käytetään?
- Missä eri vaiheissa hanketta tehdään määrä- tai kustannuslaskentaa tietomallien avulla?
- Mitä arkkitehdin tilamallista lasketaan?
- Miten laskentaan käytettävälle tietomallille toteutetaan laadunvarmistus?
- Ovatko tietomallit laskennan kannalta toimivia asuntohankkeissa?
- Mikä on yleisin syy, ettei tietomallipohjainen määrälaskenta onnistu?

Missä on vielä kehitettävää, että tietomallipohjainen laskenta olisi tehokkaampaa ja luotettavampaa

## LIITE 3: DIPLOMITYÖN HAASTATTELU: KYSYMYKSET RAKENNUSTUOTANTOON

### Rakentamisen valmisteluvaihe

- Hyödynnetäänkö tietomalleja alustavien aikataulujen laadinnassa? Miten?
- Onko tietomallista saatavat määrät luotettavia
- Tekevätkö mahdolliset aliurakoitsijat tietomallille tarkastuksia?

### Rakentamisvaihe

- Miten tietomalleja käytetään työmaalla? Kuka käyttää? Käyttävätkö aliurakoitsijat?
- Onko tietomallit luotettavia ja samantasoisia suunnitelmia, kuin paperipiirustuksetkin?
- Mallinnetaanko rakennusaikaisia rakenteita (esim. kaiteet, telineet tai muottikalusto)?
- Miten tietomalleja hyödynnetään tuotannon suunnitteluun, kuten esimerkiksi
  - o aluesuunnitelma
  - o putoamissuojaussuunnittelu
  - o elementtien asennussuunnittelu
  - o muottitöiden suunnittelu
  - o muuhun?
- Mitä vaatimuksia tietomallille on, että tuotannon suunnittelu onnistuu
- Miten tietomalleja hyödynnetään työmaakokouksissa tai urakoitsijapalaverissa?
- Miten tietomalleja hyödynnetään
  - o Yleisaikatauluun
  - o runko- ja sisävaihe aikatauluun
  - o viikkoaikatauluun
  - o muihin asennusaikatauluihin
  - o Aikataulujen seurantaan
- Mitä vaatimuksia aikataulut asettavat tietomallille?
- Miten tietomalleja hyödynnetään havainnollistamisessa
- Miten tietomalleja hyödynnetään tarjouskyselyissä ja hankinnoissa?
- Miten tietomalleja hyödynnetään asukasmuutosten hallintaan?
- Miten tietomalleja hyödynnetään käyttö- ja vastaanottovaiheessa
- 

Vapaa sana tietomallintaen toteutetusta asuntohankkeesta

## **LIITE 4: DIPLOMITYÖN HAASTATTELU: KYSYMYKSET ARKKITEHDILLE**

### **Tarveselvitys- ja hankesuunnitteluvaihe**

- Suunnitteletteko jo tarveselvitys- ja hankesuunnitteluvaiheessa tietomallintaen? Laaditaanko vaatimus- tai tilamallia?
- Tuotetaanko hankesuunnitelmaan tarvittavat laajuustiedot mallista?
- Vaaditaanko tilaajan toimesta tietomallinnusta jo alkuvaiheessa?
- Onko tietomallinnuksen organisoinnista ja pelisäännöistä sovittu riittävän tarkasti hankkeen vaiheeseen nähden?
- Mallinnetaanko tonttia ja olemassa olevia rakennuksia?

### **Suunnitteluvaihe (L1-L2, yleissuunnittelu)**

#### **Suunnittelupalveluiden hankinta**

- Ovatko tietomallinnuksen sisältävät tarjouspyynnöt yleisiä?
- Vaikuttaako suunnittelun hintaan, jos tarjouspyyntö sisältää tietomallinnuksen?
  - o Entä suunnittelun toimintatapoihin
  - o onko tietomallinnus vakiintunut käytäntötapa
- Määritteleeke kohdeyrityksen tarjouspyynnön liitteessä olevat tietomallinnustaulukot ja –periaatteet riittävän tarkasti tietomallinnustehtävät ja tarkkuustason?

#### **Tietomallinnuksen ja suunnittelun organisointi ja johtaminen**

- Toimiiko arkkitehti ja pääsuunnittelija tietomallikoordinaattorina?
- Onko tietomallikoordinaattorina toimimisesta ja tehtäväsisällöstä sovittu erikseen?
- Onko tietomallinnuksen edellyttämät lähtötiedot ajallaan saatavissa?
- Onko tietomallintamisen aloituspalaverissa käyty läpi tarvittavat asiat ja ovatko kaikki osapuolet mukana
- Kuka johtaa ja koordinoi muita suunnittelijoita tietomallinnuksen osalta?
- Onko tilaajan esittämä suunnittelu aikataulu tietomallintamalla toteuttavissa?
- Hyödynnetäänkö tietomallia suunnittelukokouksissa tai suunnittelijapalaverissa?
- Pidetäänkö erillisiä mallinnus- tai risteilypalavereita?

#### **Rakennuslupavaihe**

- Tuotetaanko rakennuslupa-asiakirjat tietomallista tulostaen?
- Tehdäänkö tietomallille laadunvarmistus ennen rakennuslupa-asiakirjojen tulostamista? Kenen toimesta?
- Onko kaikki tarkistettavat asiat ja niiden tarkkuus sekä tietomallin käyttötarkoitus selvillä? (Esim. mallin käyttö määrälaskennassa)

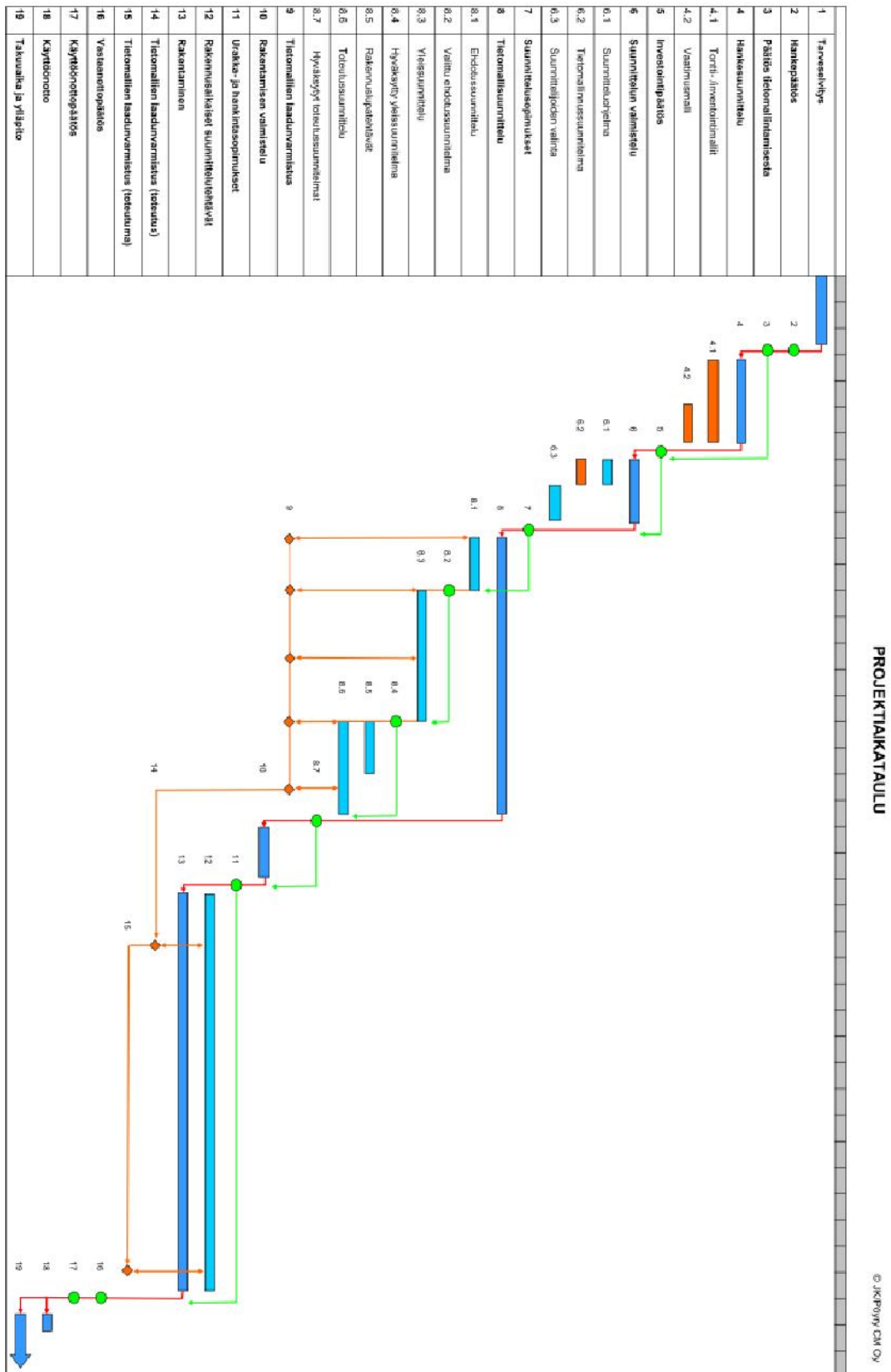
- Kuinka usein tietomallille tehdään tarkistus?
  - o Arkkitehdin omalle mallille
  - o yhdistelmämallille
- Tuotetaanko markkinointiin tarvittavat visualisointikuvat ja muu aineisto tietomallista
- Onko tietomalli hyödynnettävissä energia- tai olosuhdeanalyysien tekoon? Kenen toimesta analyysit tehdään?

### **Rakentamisen valmisteluvaihe ja suunnitelmien valmistuminen**

- Hyödynnetäänkö mallia suunnitelmakatselmuksissa? Miten?
- Mallinnetaanko jotain rakennusaikaisia rakenteita (esimerkiksi suojakaiteita tai telineitä)?
- Onko kaikki piirustukset tulostettu tietomallista?
- Kenen toimesta tietomallin laaduntarkistus tehdään
  - o Pitäisikö tehdä useamman eri osapuolen toimesta
- Vastaako tietomalli hankkeen alkuvaiheessa määritellyjä vaatimuksia määrälaskennan osalta
- Kuinka asukasmuutokset tyypillisesti viedään tietomalliin
- Saako suunnittelun lopussa tietomallin tarkkuudesta ja laadusta riittävästi palautetta
- Hyödynnetäänkö tietomallia huoltokirjan ja asukaskansion laatimiseen

Vapaa sana tietomallintaen toteutetusta asuntohankkeesta

## LIITE 5: TIETOMALLIPROJEKTIN ESIMERKKIAIKATAULU



Tietomalliprojektin esimerkkiaikataulu (YT 2012, osa 11)

## LIITE 6: ARKKITEHTIMALLIN TARKASTUSLOMAKE

Paikka:				
Aika:				
Tarkastaja:				
Kohde:				
Versio:				
Version päiväys:				
<b>Arkkitehtimallin tarkastuslomake</b>	Kunnossa	Puutteita	Ei relevantti	Kommentit
Tietomalliselostus				
Mallit sovitettuina tiedostoformaateina (IFC ja muut sovitut tiedostot)				
Sovittuja kuvatasoja on käytetty				
Koordinaatisto on sovitun mukainen				
Kerrokset on määritetty				
Rakennusosat ja tilat on määritelty kerroksittain				
Sovitut/vaatimusten mukaiset tilat ja rakennusosat on mallinnettu				
Rakennusosat on mallinnettu oikeilla työkaluilla				
Sovittuja rakennusosatyyppejä on käytetty				
Mallissa ei ole ylimääräisiä rakennusosia				
Mallissa ei ole sisäkkäisiä tai tuplarakennusosia				
Mallissa ei ole merkittäviä rakennusosien välisiä leikkauksia				
Bruttoala- ja muut laajuutta kuvaavat komponentit on mallinnettu				
Laajuutta kuvaavien komponenttien nimet ja tyypit ovat sovitun mukaiset				
Sovitunmukaisia tilatunnisteita on käytetty				
Huonetilat vastaavat tilaohjelmaa				
Huonetilat, seinät ja pilarit kattavat kerroksittain bruttoalan				
Tilavaraukset talotekniikalle on tehty				
Tilojen korkeus on mallinnusvaatimusten mukainen				
Tilat kohtaavat ympäröivät seinät ja muut komponentit				
Tiloja ei ole päällekkäin				
Allekirjoitus:				

Versio 1.0 27.03.2012 © COBIM - hankkeen osapuolet

*Arkkitehtimallin tarkastuslomake (YTV 2012, osa 6)*

## LIITE 7: MALLIEN YLEINEN SISÄLTÖ JA KÄYTTÖTARKOITUS

ARK	RAK	TATE	
<b>Vaatusmalli</b>	<b>Vaatusmalli</b>	<b>Vaatusmalli</b>	
Talukkomuotoinen tilaohjelma, tilaajan ja käyttäjän vaatimukset	Tilakohtaiset kuormat ja muut mahdolliset rakenteelliset vaatimukset	Tilojen talotekniset vaatimukset (sisäilmasto, valaistus, järjestelmä-tarpeet jne.)	- tilantarpeiden ja muiden vaatimusten dokumentointi strukturoidussa muodossa
<b>Tontin malli</b>			
Tontin rajat, korkeusasemat, tarvittavat liittymät ympäristöön ja teknisiin järjestelmiin			- tontin käytön suunnittelu - rakennuksen/rakennusten sijainti tontilla
<b>Inventointimalli</b>	<b>Inventointimalli</b>	<b>Inventointimalli</b>	
Olemassa olevan rakennuksen tilat ja rakennusosat. Malliin voi laatia mittaaaja, arkkitehti tai joku muu tah.	Kantavat rakenteet, sisältyvät useinmiten samaan malliin arkkitehtiosion kanssa	Eriyistäpauksissa mallinnetaan talotekniset järjestelmät tarvittavassa laajuudessa	- korjausrakentamisen lähtötilanteen dokumentointi
<b>Tilaryhmämalli</b>			
Tilaryhmämalli on tilamallin erikoistapaus. Siinä keskeiset tilaryhmät esitetään tilaobjekteina ja rakennusmassat erikseen määritellyssä tarkkuudessa käyttötarkoituksesta riippuen.			- rakennuksen massoittelemisen tutkiminen ja havainnollistaminen sekä vaihtoehtojen vertailu - laajuuteen ja massoittelemiseen perustuva investointilaskenta - tarvittaessa karkea energiasimulointi
<b>Tilamalli</b>	<b>Tilamalli</b>	<b>Tilamalli</b>	
Tilat tilaobjekteina, rakennuksen ulkovaippa	Rakennejärjestelmäehdotus, perustusrakenne-ehdotus	TATE-järjestelmien palvelualueet, pääkanavistot, -hormit, merkittäviä tilavaatimuksia aiheuttavat putkistot, kaapelihyllyt ja muut tekniset järjestelmät sekä tekniset tilat	- vaihtoehtoisten tilaratkaisujen suunnittelu ja havainnollistaminen - laajuuden hallinta - investointilaskenta - energiasimulointi ja tarvittaessa olosuhtesimulointi (järjestelmien mitoitusperusteiden selvittäminen) - TATE-järjestelmävaihtoehtojen tutkiminen ja palvelualueiden määrittäminen - rakennejärjestelmävaihtoehtojen tutkiminen - rakenteiden ja järjestelmien tilantarpeista sopiminen
<b>Rakennusosa- ja järjestelmämallit</b>			
Rakennusosa- ja järjestelmämallit ovat keskeinen osa suunnittelua ja hankkeen tiedonhallintaa.			
<b>Alustava rakennusosamalli</b>	<b>Alustava rakennusosamalli</b>	<b>Alustava järjestelmämalli</b>	
Tilat, alustavat rakennusosat	Runkorakenteet (pysty- ja vaakaruonon mitat, sijainnit & dimensiot), sovitut mallidetailit, perustukset, rakennusosien alustavat tyyppiratkaisut	TATE-järjestelmien palvelu-alueet, runkokanavat, -putket ja keskuslaitteet, tyyppitilamalli	- rakennusosien määrittely, rakennusosa- ja rakennusosien vertailu - määrätiedon hallinta - investointilaskenta - energiasimulointi ja tarvittaessa olosuhtesimulointi (järjestelmien mitoitusperusteiden tarkentaminen) - rakenteiden alustava mitoitus - rakennuslupa
<b>Rakennusosamalli - laskenta</b>	<b>Rakennusosa-/varausmalli - laskenta</b>	<b>Järjestelmä-/varausmalli - laskenta</b>	
Tilat, rakennusosat tyyppitietoineen	Runkorakenteet (pysty- ja vaakaruonon mitat, sijainnit & dimensiot, mallielementit, tyyppirakenteet & liitokset, perustukset), liitokset perustuksiin, varaukset	TATE-järjestelmien palvelualueet, keskuslaitteet, kanavistot, putkistot, päätelaitteet, keskuksat, johtotiet (johto- ja kaapelikourut sekä -arinat), valaisimet	- rakenteiden mitoitus tarjouspyyntöjen vaatimaan tarkkuuteen - TATE-järjestelmien määrittely - määrätietojen tuottaminen - investointilaskenta - energiasimulointi - mallien käyttö urakkarjojen liitteinä - mallien käyttö reikä- ja varaussuunnittelun apuna
<b>Rakennusosamalli - toteutus</b>	<b>Rakennusosa-/varausmalli - toteutus</b>	<b>Järjestelmä-/varausmalli - toteutus</b>	
Edellisen vaiheen tarkkuustasoa vastaava malli päivitettyä toteutusta vastaavaksi	Runkorakenteet ja liitokset, lähtötiedot, valmisosasuunnitteluun, valuosat ja paikallavälikenteiden raudoitukset, perustukset, liitokset perustuksiin, varaukset, detailit	TATE-järjestelmien palvelualueet, keskuslaitteet, kanavistot, putkistot, päätelaitteet, keskuksat, johtotiet (johto- ja kaapelikourut sekä -arinat), valaisimet	- toteutussuunnittelu - tiedot valmisosasuunnitteluun ja tuotannonsuunnitteluun
<b>Toteumamalli</b>	<b>Toteumamalli</b>	<b>Toteumamalli</b>	
Edellisen vaiheen tarkkuustasoa vastaava malli päivitettyä toteutusta vastaavaksi	Edellisen vaiheen tarkkuustasoa vastaava malli päivitettyä toteutusta vastaavaksi	Edellisen vaiheen tarkkuustasoa vastaava malli päivitettyä toteutusta vastaavaksi	- tiedot huoltoon ja ylläpitoon, tilahallintaan, myöhemmän käytön suunnitteluun

Versio 1.0 27.03.2012 © COBIM - hankkeen osamallit

Mallien yleinen sisältö ja käyttötarkoitus (YTV 2012, osa 1)